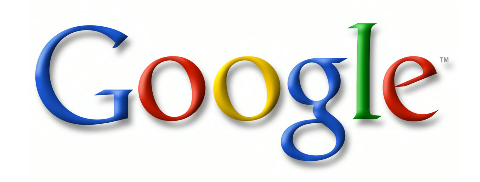
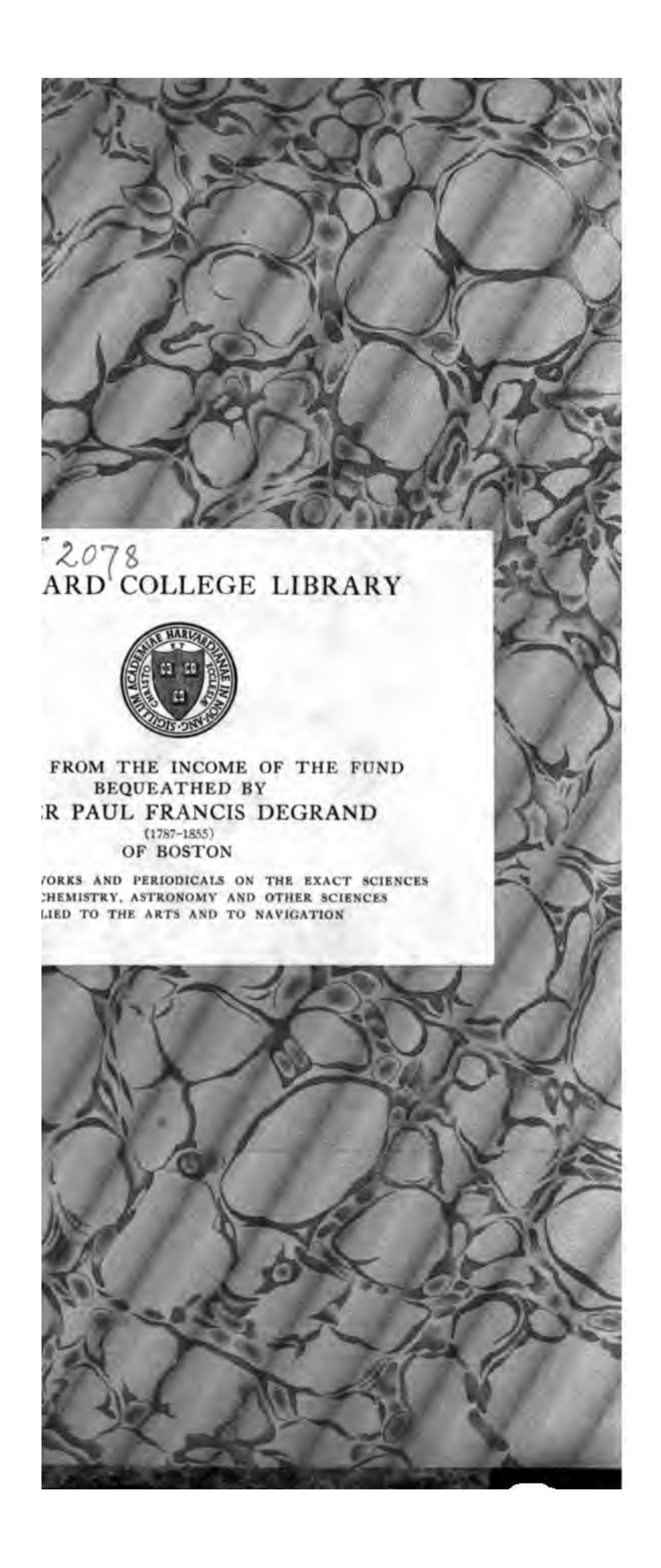






SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1896

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1896

DEUXIÈME VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

1896

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUILLET 1896

N° 7

Sommaire des séances du mois de juillet 1896 :

11° *Nomination de MM. L. Molinos et H. Bunel, comme membres du Jury appelé à statuer sur les résultats du concours ouvert pour le projet de construction des deux palais à édifier aux Champs-Élysées* (Séance du 17 juillet), page 14;

12° *Nomination de membres de la Société comme membres du Jury des récompenses à l'Exposition de Rouen* (Séance du 17 juillet), page 14;

13° *Travaux publics à exécuter au Brésil.* (Communiqué du Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes au sujet de) (Séance du 17 juillet), page 14;

14° *Concours ouvert à Paris pour l'admission comme professeur de mathématiques dans les Écoles d'Arts et Métiers* (Séance du 17 juillet), page 15;

15° *Suppression de la séance de la Société du mois d'août* (Séance du 17 juillet), page 15;

16° *Eau à New-York; approvisionnement et alimentation,* par M. J. Fleury et observations de MM. E. Badois, Ed. Lippmann, Ch. Baudry, L. Rey (Séance du 17 juillet), page 15;

17° *Les projets de l'Exposition de 1900,* par M. Ch. Labro (Séance du 17 juillet), page 20;

Mémoires contenus dans le Bulletin de juillet 1896 :

18° *Sur le frottement des fluides contre les surfaces solides,* par M. F. Chaudy, page 24;

19° *Note sur l'acétylène,* par M. A.-C. Kréglinger, page 31;

20° *Observations sur la note de M. G. Hart, sur les grands croiseurs de diverses puissances,* par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 42;

21° *Mesures de la résistance à l'usure de quelques alliages de cuivre,* par MM. P. Jannettaz et M. Goldberg, page 63;

22° *La navigation sous-marine,* par M. G. L. Pesce, page 77;

23° *Notice nécrologique sur M. J. Poklewski-Koziell,* par M. L. Zbyszewski, page 147;

24° *Chronique* n° 199, par M. A. Mallet, page 150;

25° *Comptes rendus,* — page 162;

26° *Bibliographie,* — page 168;

27° *Planches* n°s 174 et 175.

Pendant le mois de juillet 1896, la Société a reçu :

36205 et 36206 — De M. L.-F. Vernon-Harcourt. *Rivers and Canals by Leveson Francis Vernon-Harcourt* (2 volumes in-8° de XVIII-XII 704 p., avec 13 pl.) (seconde édition). Oxford, 1896.

36207 — De M. B. Tignol, éditeur. *L'incandescence par le gaz et le pétrole. L'acétylène et ses applications, par F. Dommer* (in-16 de 317 p., avec 140 fig. dans le texte) (Bibliothèque des actualités industrielles, n° 69), Paris, B. Tignol.

36208 — De la Jungfraubahnbureau, Zürich. *Chemin de fer de la Jungfrau. Concession Guyer-Zeller. Résumé des études géologiques du tracé et des conditions qui en découlent, par H. Golliez* (petit in-8° de 32 p., avec 8 pl.). Zürich, 1896.

36209 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Le Nickel, par Henri Moissan et L. Ouvrard* (petit in-8° de 183 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1896.

36210 — Dito. *Spectrométrie. Appareils et mesures, par Julien Lefèvre* (petit in-8° de 212 p.) (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1896.

36211 — De l'Office central, à Berne. *Gabarits des wagons admis à circuler dans le trafic international (Annexe au Bulletin des Transports internationaux par chemins de fer. IV. 234)* (petit in-4° de 20 pl.). Berne, 1896.

36212 — De l'Association technique maritime. *Bulletin de l'Association technique maritime. N° 6. Session de 1895.* Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

36213 — De Snow Steam Pumps Works. Buffalo. N.-Y. *Snow Steam Pumps Works, Buffalo. N.-Y.* (petit in-4° oblong de 44 p., avec illustrations). Buffalo, 1896.

36214 — De M. Barba (M. de la S.). *Emploi, dans les constructions, d'aciers à haute limite d'élasticité, par M. Barba* (grand in-8° de 14 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1895.

36215 — De M. A. Dumas (M. de la S.). *Nouveau projet d'achèvement du canal de Panama, par A. Dumas* (grand in-8° de 76 p., avec 2 pl.). Arcis-sur-Aube, Léon Frémont, 1896.

36216 — Du Ministère du Commerce et de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes. *Statistique générale de la France. Résultats statistiques du dénombrement de 1891* (grand in-8° de 804 p., avec 21 diagrammes et 35 cartogrammes dans le texte). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

36217 — Dito. *Statistique générale de la France. Dénombrement des étrangers en France. Résultats statistiques du dénombrement (1891)* (grand in-8° de 349 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1893.

36218 — Du Canadian Institute. *Archæological Report 1894-95, by David Doyle. Appendix to the Report of the Minister of Education. Ontario.* Toronto, 1896.

36219 — De la R. Accademia dei Lincei. *Atti della R. Accademia dei Lincei. Anno CCXCIII. 1896. Rendiconto dell' Adunanza solenne del 7 Guigno 1896 onorata dalla presenza del L.L. M.M. il e Re e la Regina* (in-4°, p. 239 à 268). Roma, 1896.

36220 — De Mme V^e^ Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.), éditeurs. *Bibliothèque du Conducteur des Travaux publics. Organisation des services de travaux publics en France, par E. Campredon* (in-16 de 416 p.). Paris, V^e^ Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36221 — Dito. *Bibliothèque du Conducteur de Travaux publics. Hydraulique agricole, par Paul-Lévy. Salvador. Première partie. Cours d'eau non. navigables, ni flottables* (in-16 de 483 p.). Paris, Vᵉ Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36222 — De MM. de Tédesco, Zschokke et Candlot (M. de la S.). *Essais comparatifs des voûtes en matériaux divers. Rapport de la Commission des voûtes de l'Association des Ingénieurs et Architectes autrichiens. Ouvrage traduit par MM. de Tédesco, Zschokke et Candlot* (grand in-4° de 84 p., avec 26 pl.). Paris, F. Juven.

36223 — De la Chambre syndicale des Fabricants de ciment-Portland de France. *Le ciment, son emploi et ses applications nouvelles en France et à l'Etranger. Organe officiel de la Chambre syndicale des Fabricants de ciment-Portland de France. 1ʳᵉ année, 25 juin 1896. N° 1. Journal mensuel* (petit in-4° de 32 p.). Paris, Ed. Rousset, 1896.

36224 — De M. Dwelshauvers-Dery (M. de la S.). *Laboratoire de mécanique appliquée de la Faculté technique de l'Université de Liège (École des Arts et Manufactures et des Mines). Rapport sur les essais de 1896, par M. Dwelshauvers-Dery* (in-8° de 31 p. avec 5 tab. et 1 pl.). Liège, 1896.

36225 — Du Chemin de fer Grand Central belge. *Chemin de fer Grand Central Belge. Direction des voies et travaux. Compte rendu de l'exercice 1895*. Bruxelles, 1896.

36226 — De la Chambre de Commerce de Dunkerque. *Chambre de Commerce de Dunkerque. Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire, 1895*. Dunkerque, Paul Michel, 1896.

36227 — De la Société Industrielle de Mulhouse. *Société Industrielle de Mulhouse. Programme des prix proposés en Assemblée générale le 27 mai 1896, à décerner en 1897* (grand in-8° de 64 p.). Mulhouse, 1896.

36228 — Du Ministère des Travaux Publics. *École Nationale des Ponts et Chaussées. Collection de dessins distribués aux élèves. Légendes explicatives des planches, tome IV, 1ᵉʳ fascicule, 27ᵉ livraison, 1895*. Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

36229 — De l'Engineering Society of the School of Practical Science. *Papers read before the Engineering Society of the School of Practical Science. Toronto. N° 9, 1895-96*. Toronto, 1896.

36230 — De la Direction générale des Douanes. *Direction générale des Douanes. Tableau général du commerce de la France avec les colonies et les puissances étrangères pendant l'année 1895*. Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

36231 — *Cercle de la Librairie. Catalogue de la Bibliothèque technique, Septembre 1894* (in-8° grand raisin de XI-233 p.). Paris, Cercle de la Librairie.

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1896

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juillet 1896, sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

C. Balme,	présenté par MM.	Molinos, Flachat, L. Rey.
M.-A. Jacques,	—	Ch. Boutmy, L. Mercier, Calvé.
G.-L.-A. Lumet,	—	Cornuault, Canet, Charton.
M.-J.-M. Montoussé,	—	Assi, Genès, Ganne.
P. Paulin,	—	Molinos, de Chazal, L. Rey.
M. Rondet,	—	G. Béliard, Pinart, A. de Dax.
T.-F. Veasey,	—	Walter-Strapp, Carimantrand, Mallet.
G.-A. Walcker,	—	Bourdais, Delmas, Alexis-Godillot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUILLET 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 JUILLET 1896

Présidence de M. L. Rey, Vice-Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Plusieurs observations sont présentées au sujet du procès-verbal de la précédente séance.

M. G. Hart demande à faire connaitre que la classification qu'il a adoptée se trouve dans l'*Aide-mémoire de l'officier de marine* que M. Ch. Valentino tient à jour depuis plusieurs années. Il est heureux, après avoir rapproché les chiffres de ce dernier de divers autres documents, tels que le *Carnet de l'officier de marine*, *Naval annual* de Brassey et divers journaux techniques, de se trouver d'accord avec cet auteur auquel il a, d'ailleurs, emprunté plusieurs renseignements.

M. Duroy de Bruignac fait remarquer une faute de ponctuation dans le résumé des paroles qu'il a prononcées ; il faut lire au bas de la page 158 : « elle est aux archives ; M. Duroy de Bruignac n'en parlera pas. Si la même question se présente encore, M. Duroy de Bruignac est prêt à la discuter, s'il en a la liberté... »

Enfin il est donné lecture d'une lettre de M. G.-L. Pesce, qui fait observer que c'est avec intention que dans sa communication il a dit qu'il avait pour but d'inciter « les Ingénieurs Civils et les Constructeurs navals à s'appliquer à l'étude, de la navigation sous-marine », et non les Ingénieurs des Constructions navales, comme le lui fait dire le procès-verbal.

Sous réserve de ces observations dont il sera tenu compte, le procès-verbal est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de trois de nos Collègues

M. G.-F.-S. de Somer, membre de la Société depuis 1893 ; a été collaborateur du *Génie Civil*.

M. Gabriel Verrier, membre de la Société depuis 1885. Ancien élève de l'École Centrale et de l'École supérieure de Télégraphie, avait été contrôleur des services électriques de la Compagnie d'Orléans et avocat à la cour d'appel.

M. J.-B. Grand, membre de la Société, depuis 1895, était ingénieur civil à Royat.

M. le Président a le plaisir d'annoncer la nomination de notre Collègue M. Lorilleux au grade de chevalier de la Légion d'Honneur.

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus depuis la dernière séance, dont la liste est reproduite à la suite du procès-verbal. Il signale particulièrement les deux volumes intitulés *Rivers and canals*, par M. F. Vernon Harcourt, qui nous sont offerts par l'auteur.

M. le Président annonce que nous avons reçu une lettre de M. le Ministre de l'Instruction Publique, des Beaux-Arts et des Cultes, qui nous adresse le programme du 35e Congrès des Sociétés Savantes dont la séance d'ouverture est fixée au mardi 20 avril 1897.

Nos Collègues trouveront au Secrétariat de la Société des exemplaires de ce programme, et M. le Président propose de remettre à la première séance après les vacances la nomination des délégués de la Société.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que la Société vient d'entrer en possession du legs de 25 000 *f* fait l'année dernière par notre regretté Collègue E. Chauvel. Cette somme à pu être touchée non seulement entière, mais même augmentée des intérêts qui ont couru depuis la date du décret, grâce à la libéralité de Mme Delaplanche, sœur du défunt et sa légataire universelle, qui a pris à sa charge tous les frais de succession. M. le Président est certain d'être l'interprète de la Société en adressant à Mme Delaplanche tous ses remerciements. *(Applaudissements.)*

M. le Président a reçu une lettre de M. F.-L. Caillet, notre délégué à l'inauguration de l'exposition de Nijni-Novgorod, qui nous fait part de l'excellent accueil qu'il a recu du Ministre des Finances et du Général Vassili Ivanovitch Timiriazeff, Commissaire général de l'exposition; notre Président a écrit à M. Raffalovich, agent impérial du Ministère des Finances de Russie à Paris, pour le remercier de la marque de haute bienveillance qui a été donnée à la Société en la personne de son délégué. *(Applaudissements.)*

M. le Président a également reçu une lettre de M. Larionoff, membre de la Société et délégué en France par le Ministère des Ponts et Chaussées de Russie, qui se met gracieusement à la disposition de nos Collègues pour leur fournir les renseignements dont ils pourraient avoir besoin relativement aux questions de douane, transports en Russie, etc.

M. le Président désire entretenir la Société d'une mesure que le Bureau et le Comité ont cru devoir prendre à l'égard de MM. Boilleau et Demay qui, ayant loué une des salles de la Société, ont ensuite rédigé une circulaire faite en vue d'une émission d'actions, d'une façon qui

pouvait faire supposer que cette entreprise était patronnée par la Société des Ingénieurs Civils de France. Après avis de notre Conseil, il a été pris les mesures nécessaires pour dégager complètement toute solidarité avec cette affaire.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. P. Jannettaz pour présenter l'étude qu'il a faite avec M. M. Goldberg sur *la Résistance des métaux à l'usure.*

M. P. JANNETTAZ commence par présenter l'historique des recherches qui ont été faites pour déterminer la résistance à l'usure des différents corps. Au siècle dernier, des expériences sur le frai des monnaies ont été réalisées en France sous la direction d'une commission qui comptait parmi ses membres Lagrange, Borda, Lavoisier et Condorcet; quelques années plus tard, en Angleterre, Cavendish et Hatchett faisaient construire trois appareils permettant de déterminer l'usure des monnaies par trois méthodes différentes. La même question a été reprise récemment à la Monnaie de Londres par M. Roberts Austen, et à celle de Paris par M. Ruau et par M. Riche. Les travaux sur les métaux qui conviennent à l'art de l'Ingénieur sont moins connus: il faut citer ceux de Bottone, ceux du Professeur Smith et ceux qui ont été exécutés au laboratoire du Professeur Tetmayer à Zurich. Il est regrettable qu'un certain nombre d'autres recherches, exécutées dans des usines ou des ateliers, n'aient pas été publiées. La résistance à l'usure des matériaux de construction autres que les métaux, a été étudiée par Rondelet puis par Emile Muller qui a exposé ses recherches devant la Société en 1872; enfin actuellement le laboratoire d'essai de l'École des Ponts et Chaussées réalise, au moyen de deux appareils différents, des essais d'usure des matériaux de construction et d'empierrement.

M. Jannettaz décrit ensuite les expériences que M. Goldberg et lui ont entreprises au moyen de *l'usomètre.*

Cet appareil consiste essentiellement en un lapidaire qu'entoure un bâti portant quatre glissières équidistantes du centre. Dans celles-ci coulissent des tiges, à la partie inférieure desquelles sont fixés les échantillons à étudier, taillés en prismes de sections identiques ; à leur partie supérieure les tiges portent des coupelles recevant les poids qui servent à charger les échantillons. Le lapidaire est constamment couvert de poudre d'émeri, additionnée d'eau ou d'huile, qui produit l'usure. Celle-ci est évaluée par la perte de poids.

MM. Jannettaz et Goldberg, qui avaient d'abord appliqué l'appareil aux matières vitreuses, ont pu s'en servir également pour les métaux. Et quoique les expériences soient plus difficiles avec ces derniers corps, on a obtenu dans les deux cas la même précision. Celle-ci est très grande, puisque l'erreur peut s'abaisser à quelques millièmes.

On a d'abord déterminé, dans tous leurs détails, les conditions à réaliser pour atteindre la précision ; puis on a cherché à apprécier quelle influence avaient : 1° le mode d'emploi des poudres, suivant qu'elles étaient mobiles ou fixées au plateau du tour ; 2° la dureté et les dimensions des grains; 3° la nature des lubrifiants; 4° la valeur des charges supportées par les échantillons, etc.

Après les expériences de réglage, qui ont été faites avec du cuivre rouge, on s'est proposé d'examiner une série d'échantillons dont la composition, les propriétés mécaniques et la structure seraient connues. Ceci a été possible, grâce à l'obligeance de M. Charpy, ingénieur du Laboratoire Central de l'artillerie de marine, qui a bien voulu prélever une série d'échantillons sur les différents alliages de cuivre et de zinc qu'il a étudiés dans son important mémoire intitulé : *Recherches sur les alliages de cuivre et de zinc*. On a déterminé l'usure de quinze alliages de compositions diverses.

En représentant graphiquement les résultats obtenus, on remarque :

1° Que la courbe figurative de l'usure a un tracé tout à fait géométrique, ce qui tient à l'homogénéité des échantillons et à la précision des mesures ;

2° Elle est tout à fait analogue à la courbe représentant les variations de la striction ;

3° Un point singulier est situé en dehors d'elle ; il correspond à l'alliage qui contient 34,7 0/0 de zinc. Ce fait s'accorde avec la perturbation observée par M. Riche sur les densités, et avec les études microscopiques de M. Charpy qui a montré que la structure change brusquement suivant que les alliages sont à une teneur supérieure ou inférieure à 34 0/0.

Les projections de quelques-unes des belles photomicrographies faites par M. Charpy, font voir avec la plus grande netteté les différences de structure.

MM. Jannettaz et Goldberg ont cherché à se rendre compte des relations qui existent entre l'usure produite dans la pratique et celle que donne l'usomètre. Ayant trouvé le plus bienveillant accueil auprès de notre ancien Président M. du Bousquet, et de nos Collègues M. Keromnès et M. Pulin, ils ont pu se procurer aux ateliers du chemin de fer du Nord une série de bronzes provenant de tiroirs de locomotives, pour lesquelles on avait enregistré les parcours et les diminutions d'épaisseur des tiroirs. Ils ont constaté qu'en divisant l'usure de chaque tiroir par le parcours correspondant, de manière à avoir ce qu'on peut appeler l'usure kilométrique, on obtient, pour chaque série de machines de même type, des nombres qui sont d'autant plus élevés que l'usure à l'usomètre est plus grande. On peut donc déterminer à l'avance la supériorité d'un bronze sur un autre au point de vue de l'usure.

Il y a une remarque intéressante à faire à propos de ces bronzes : ils sont très poreux ; après qu'on les a essuyés, pour enlever l'émeri et l'huile ayant servi aux expériences, si on les chauffe, on voit de l'huile sourdre avec abondance à l'extérieur. En les travaillant à froid, on a fait la même observation aux ateliers du chemin de fer du Nord. Il est alors permis de se demander si ces métaux, véritables éponges, ne tireraient pas de leur constitution même l'avantage de rester lubrifiés par l'huile qu'ils ont absorbée.

Sans insister cette fois sur ce point, M. Jannettaz termine en disant que M. Goldberg et lui étudient actuellement la résistance à l'usure des fontes et des aciers.

M. le Président remercie M. Jannettaz de sa très intéressante communication et donne la parole à M. A. Lavezzari, pour sa communication sur *les tramways à gaz.*

M. Lavezzari espère que ses Collègues voudront bien l'excuser de les entretenir d'un sujet qui a déjà été traité dans ces dernières années par plusieurs de nos Collègues et par lui-même. L'approche de l'Exposition de 1900 et l'étude des moyens de transport dans Paris lui donnent une grande actualité, d'autant plus qu'il peut être considéré comme certain que nous ne pouvons avoir de métropolitain pour cette époque, faute de temps.

Il ne regrette du reste pas trop cette absence de chemin de fer urbain dont la nécessité, à Paris, ne lui paraît pas absolue, quant à présent du moins, et il pense qu'un réseau de tramways bien compris, avec moyens de traction perfectionnés assurant la régularité et la *fréquence* des passages avec tarif réduit, répondra à tous les besoins.

Que si l'on désire construire dans Paris de vraies lignes de chemins de fer, il pense que l'on peut s'en tenir actuellement à des lignes de pénétration reliant le centre et la banlieue, et parcourues par les grands express qui pourraient prendre et laisser les voyageurs près de leurs quartiers respectifs, comme cela se fait à Londres et à Berlin. Une ligne diamétrale longeant la Seine ferait partie de ce réseau et serait heureusement complétée par une ligne circulaire sur les boulevards extérieurs. Tout le reste des transports serait fait par des tramways à traction mécanique. Dans cet ensemble, tous les systèmes peuvent trouver leur place, pourvu qu'ils soient judicieusement appliqués.

On peut les classer en deux catégories : d'une part, les procédés qui prennent leur énergie sur tout leur parcours (électricité avec conducteurs aériens ou souterrains, ou bien la traction funiculaire), pour les lignes très fréquentées ou à fortes rampes. D'autre part, les automobiles possédant leur propre source d'énergie, pour les autres lignes.

Dans cette seconde catégorie il existe beaucoup de types différents, déjà employés à Paris ; le tramway à gaz en est un cas particulier intéressant. Mais alors que les autres systèmes se sont déjà beaucoup perfectionnés dans ces dernières années, les moteurs à gaz n'en sont qu'à leur début dans cette voie et doivent certainement être améliorés.

M. Lavezzari donne la *description des tramways à gaz.*

Plusieurs systèmes ont été présentés, mais celui de Lührig est le seul qui, à sa connaissance, ait subi les épreuves d'une réelle pratique. Après avoir décrit le moteur, le mécanisme, les dispositions employées pour l'approvisionnement en gaz et en eau de refroidissement ainsi que les stations centrales de compression du gaz et l'opération de chargement des voitures, M. Lavezzari aborde la description des exploitations déjà existantes :

1° Dresde : en marche depuis juillet 1894, comprend quatre voitures automobiles de petite dimension ; le profil est peu accidenté. La consommation de gaz a été de 640 *l* par kilomètre-voiture.

Cette installation d'essai va être transformée et agrandie.

2° Dessau : l'exploitation date de fin 1894, le réseau a une longueur de 6,2 *km*, desservi par 13 automobiles et 7 voitures à remorquer.

Les automobiles peuvent faire 20 *km* sans être rechargés ; la vitesse est de 10 *km* à l'heure, arrêts compris, et la consommation de gaz de 510 *l* par kilomètre-voiture.

3° Blackpool : récemment mis en exploitation, ce tramway sera intéressant à comparer avec le tramway électrique de la même ville.

4° Essais de la Compagnie Parisienne du gaz. — Une première voiture a été essayée. Elle était trop petite, on l'a retournée en Angleterre, et maintenant elle est remplacée par une plus grande avec impériale.

On a trouvé 550 *l* de gaz par kilomètre-voiture. Ces renseignements ont été communiqués par MM. Lévy et Bertrand, Ingénieurs de la Compagnie du gaz, sous réserve qu'ils résultent d'essais et non d'une exploitation courante.

Les chiffres ci-dessus prouvent que ce mode de traction est économique. Il y a peu de frais d'installation. Le personnel est réduit dans les stations centrales.

Il est à souhaiter que les Compagnies fassent des conditions spéciales. Dans certains cas, les Compagnies de tramways pourront se trouver obligées de faire leur gaz elles-mêmes. Dans ces circonstances, l'emploi du gaz pauvre sera tout indiqué.

Mais il y a encore quelques défauts à corriger. On ne peut pas aborder de fortes rampes. Le moteur n'est pas suffisamment étudié; c'est de ce côté qu'il y a un progrès à réaliser pour éviter le bruit et les trépidations désagréables qui se font constamment sentir, surtout pendant les arrêts, en raison de la marche ininterrompue du moteur. Il y a donc encore beaucoup à faire; M. Lavezzari termine en exprimant l'espoir que nos Collègues apporteront la solution définitive du problème.

M. le Président fait remarquer que cette voiture renfermant, en plus de son moteur, du gaz, de l'eau et une machine électrique pour l'allumage du gaz, n'est-il pas à craindre que tous ces éléments ne causent une grande complication ?

M. Lavezzari répond qu'en réalité les divers éléments qui entrent dans l'équipement de la voiture, constituent une petite complication, mais cependant plus apparente que réelle ; l'eau, en particulier, ne s'y trouve qu'en petite quantité et une fois chargée, il n'y a plus à s'en occuper. De même la petite dynamo, qui fournit le courant nécessaire à l'allumage du gaz, n'est pas une cause de complication, car elle tourne constamment sans avoir à subir aucun réglage et ne nécessite aucune surveillance.

M. le Président demande encore si la voiture ne se trouve pas mal équilibrée et si, de plus, l'obligation dans laquelle on se trouve de ne pouvoir marcher qu'à deux allures différentes, ne constituerait pas une grande difficulté pour la circulation dans les rues très fréquentées. L'échappement de gaz ne produit-il pas d'odeur ?

M. Lavezzari répond qu'en effet, le poids n'est pas très exactement réparti ; cependant il n'est pas aussi éloigné de l'équilibre qu'on pourrait

le croire d'après la figure. Quand à l'observation relative à la vitesse, M. Lavezzari est d'accord avec M. le Président, et il considère la question de transmission de mouvement comme une de celles qui ont le plus besoin d'être améliorées. Quant à l'échappement du gaz, il doit reconnaitre qu'on n'en sent pas l'odeur.

Un Membre demande s'il se fait au-dessous de la voiture.

M. Lavezzari répond affirmativement.

M. le Président demande dans quelles conditions ces voitures se trouvent comme poids par rapport aux autres systèmes mécaniques.

M. Lavezzari répond qu'à vide la voiture, de 40 places, pèse 7 *t*, alors que la voiture à accumulateurs, de 50 places, pèse 14 *t*.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président remercie M. Lavezzari de son intéressante communication.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. C. Balme, M.-J.-M. Montoussé, P. Paulin et G.-A. Walcker comme membres Sociétaires.

MM. M.-A. Jacques, G.-L.-A. Lumet, M. Rondet et T.-F. Veasey sont reçus membres Sociétaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 JUILLET 1896

Présidence de M. Ed. Lippmann, Vice-Président

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part à la Société des décès de M. Boucard, A.-A., administrateur-délégué des mines de Dourches, administrateur des charbonnages des Bouches-du-Rhône et d'autres Sociétés minières. M. Boucard était Membre de la Société depuis sa fondation, 1848.

M. Brunon, Barthélemy, maître de forges, sénateur de la Loire, chevalier la Légion d'honneur, était Membre de la Société depuis 1874.

M. Poklewski Koziell, Jean, Membre de la Société depuis 1895, ancien officier du Génie russe, notre Collègue vint en 1864 se fixer en France où il coopéra à la construction du chemin de fer des Charentes, sous la direction de notre ancien Président, M. Love. En 1870, il prit du service dans l'armée française où il fut nommé sous-chef

d'Etat-Major du 24[e] corps d'armée. Rentré en Russie, après la campagne, il devint Ingénieur en chef des biens de l'empereur Alexandre III, au Ministère de la cour et des apanages. En cette qualité, il exécuta de nombreux et très importants travaux à Merv, dans le Mourgab, et au chemin de fer Transcaspien. Notre regretté Collègue nous fit, à ce sujet, une très intéressante conférence sur les travaux des digues et des barrages du Sultan Bent. Récemment encore il étudiait l'amélioration des rapides de la Veiliscara, près de Prescoff, et l'établissement d'un grand barrage en vue de la création d'une importante filature de lin.

M. Casalonga, Charles, l'un de nos jeunes Collègues les plus sympathiques, secrétaire de la rédaction de la *Chronique Industrielle*, Ingénieur chef des travaux de la maison D.-A. Casalonga (brevets d'invention). Membre de la Société depuis 1888.

M. le Président exprime, au nom de la Société, à notre Collègue M. Casalonga père et à sa famille la part prise par elle à leur grande douleur.

M. le Président a le plaisir d'informer la Société des nominations ou promotions suivantes :

M. Millet, Alphonse, promu officier de la Légion d'honneur;

M. Moulle, Eusèbe, nommé chevalier de la Légion d'honneur;

M. Kern, promu officier de l'Instruction publique.

MM. L. Molinos et H. Bunel ont été nommés membres du Jury appelé à statuer sur les résultats du Concours ouvert pour le projet de construction des deux palais à édifier aux Champs-Élysées.

Un certain nombre de nos Collègues ont été nommés membres du Jury des Récompenses à l'Exposition de Rouen (1).

M. le Président dépose sur le bureau la liste des ouvrages reçus, depuis la dernière séance, laquelle sera publiée à la suite du procès-verbal; il signale entre autres une notice sur les objets exposés à Rouen par la Compagnie des Chemins de fer de l'Ouest, accompagnée d'une lettre d'envoi de notre Collègue du Comité, M. J. Morandiere, et un ouvrage de M. C. Barbey, *les Locomotives suisses*, remis par M. A. Mallet qui a bien voulu en faire un compte rendu bibliographe inséré dans le présent bulletin, page 168.

M. le Président a reçu de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes avis d'une communication faite par le

(1) **Liste des Membres de la Société faisant partie du Jury des Récompenses à l'Exposition de Rouen.**

Classe 3 : M. Jules Mesureur. — *Classe 6* : MM. P. Grosselin, L. Landry et A. Moisant. — *Classe 8* : MM. Chateau père et fils, Ch. Gallois. — *Classe 12* : M. P. Garnier. — *Classe 13* : M. André Bouilhet. — *Classe 15* : MM. A. Biver, Guilbert-Martin. — *Classe 17* : MM. J. Avril, E. Coignet, Dardenne; membre suppléant, M. Candlot. — *Classe 22* : M. Cauvin. — *Classe 29* : MM. Egrot, E. Simon. — *Classe 31* : M. H. Remaury. — *Classe 32* : MM. Durenne, Salin. — *Classe 33* : MM. Borreau, Despeaux, Deutsch; membre suppléant, M. Edeline. — *Classe 35* : MM. Compère, P. Mallard, M. de Nansouty, E. Thomine, Tresca. — *Classe 36* : MM. A.-C. Bourdon, Plichon, Windsor. — *Classe 37* : M. Dehaître. — *Classe 38* : MM. Bariquand, Béthouart, Chouanard, L. Francq, J. Morandiere. — *Classe 39* : M. Picou. — *Classe 41* : M. H. Garnier. — *Classe 42* : M. A. Renault. — *Classe 47* : M. Laporte.

Consul de France à Sao-Paulo (Brésil), relativement à des travaux d'alimentation d'eau et de canalisation d'égouts projetés à Curityba, capitale du Parana : le gouvernement de cet Etat vient de concéder une garantie de 6 0/0 sur le capital qui sera dépensé pour ces travaux, dont l'importance est évaluée à plus de 4 millions de francs.

Les études ont été définitivement approuvées et il est fait par la municipalité de Curityba un nouvel appel à la concurrence fixant un délai de soixante jours pour la présentation des propositions; les entrepreneurs étrangers sont engagés par le gouvernement du Parana à prendre part aux soumissions.

Nos Collègues que cette question peut intéresser doivent s'adresser d'urgence à la direction du Commerce (3e bureau).

M. le Président a reçu également de M. le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, une lettre l'informant qu'un Concours est ouvert à Paris pour l'admission comme professeur de mathématiques dans les Écoles d'Arts et Métiers; on doit se faire inscrire avant le 1er octobre.

Le programme est déposé au Secrétariat.

M. le Président informe la Société que le Bureau, d'accord avec le Comité, a décidé de supprimer cette année la séance du mois d'août trop peu suivie à cause des voyages et des villégiatures. Les vacances de la Société commenceront donc fin juillet pour se terminer comme d'habitude fin septembre. La séance de rentrée aura lieu le 2 octobre prochain.

M. le Président donne ensuite la parole à M. J. Fleury pour sa communication sur *l'Eau à New-York; approvisionnement et alimentation.*

M. J. Fleury rappelle qu'il y a quelques semaines la Société a reçu de M. Fteley, l'éminent Ingénieur en chef de la *Croton New Aqueduc Commission*, de New-York, le rapport des travaux de cette Commission. En même temps, M. Wegmann, Ingénieur de la *Croton River Division*, et auteur d'un remarquable ouvrage sur les barrages, intitulé *Design and construction of Masonry Dams*, a fait hommage, à la Société, de l'histoire de l'eau à New-York, intitulée *Water supply of the city of New-York.* Ces deux ouvrages, édités avec un grand luxe de planches et de photogravures, sont remplis de renseignements très instructifs et très intéressants. Le Bureau a confié à M. Fleury le soin et l'honneur d'en rendre compte à la Société.

M. Fleury fait tout d'abord remarquer que, par sa position géographique, New-York, située dans une île que l'eau salée entoure de tous côtés, n'a pas eu à choisir entre beaucoup de solutions pour s'approvisionner d'eau douce. Au début, alors qu'elle n'était qu'une cité naissante, elle se contenta de l'eau des lacs et des étangs naturels qui existaient dans l'île. Quand la population s'accrut, ces ressources devinrent insuffisantes. En 1834, la ville avait déjà 225 000 habitants. John L. Sullivan proposa de se procurer l'eau nécessaire à cette population au moyen de puits artésiens creusés dans le gneiss fissuré qui forme l'assise géolo-

gique de Manhattan. Ce projet, considéré comme insuffisant, fut écarté sur les observations du major Clinton, et, depuis lors, ce fut vers la vallée du Croton que se portèrent les préoccupations.

Le *Croton* est un affluent de la rive gauche de l'Hudson, dans lequel il se jette à 3 *km* environ en amont de l'Harlem River. Son bassin a environ 933 *km²*. Il est tout entier sur une formation de gneiss. Il est fort accidenté et tous les cours d'eau y ont une allure torrentielle. Les eaux en sont fraîches et pures. La hauteur moyenne de l'eau pluviale est de 1,228 *m*, ce qui donne à peu près 1 milliard 150 millions de mètres cubes par an. En 1834, la contrée arrosée par le Croton était presque entièrement inhabitée. On n'y fit, à ce moment, qu'un emprunt relativement peu important. Un petit barrage en maçonnerie de 15 *m* de haut, établi en travers de la vallée principale, à 12 *km* en amont du confluent, y détermina une retenue de 162 *ha* de superficie et d'une capacité de 2 726 000 *m³*. Un aqueduc en maçonnerie réunit cette retenue avec le réservoir de *Central-Park* situé au centre de New-York. Cet aqueduc a une longueur totale d'un peu plus de 65 *km*. La différence de niveau de ses deux extrémités est de 14,605 *m*, soit une pente kilométrique moyenne de 224 *mm*. Ce travail considérable pour l'époque, fut terminé en 1842. L'aqueduc était fait pour débiter, au maximum, 113 520 *m³* en vingt-quatre heures. Outre la quantité d'eau employée aux services de la voie publique et l'approvisionnement des navires, l'aqueduc devait fournir aux besoins d'une population croissante en nombre et qui consommait de plus en plus d'eau. Ici, comme cela est arrivé en plus d'une ville, la consommation totale dépasse rapidement les prévisions.

Les administrations constituées pour y pourvoir cherchèrent à réfréner ce qu'elles appelaient le gaspillage; mais en même temps, elles se préoccupaient d'accroître leurs ressources en eau potable. On augmenta les réservoirs d'approvisionnement dans la ville: on amena vers la réserve du *Croton lake* les eaux d'un certain nombre de lacs et d'étangs qui l'avoisinaient. En 1870, alors que la population atteignait déjà plus de 900 000 habitants, on créa, au moyen de barrages en terre, de nouvelles réserves à Boyd's Corner et à Middle Branch. En 1878, on réglementa la consommation par l'emploi des compteurs, qui sont aujourd'hui au nombre de 30 328. Cependant, la difficulté de l'approvisionnement allait en s'aggravant.

Les administrateurs des eaux s'étaient imposé la loi d'augmenter de plus en plus la quantité d'eau par habitant et, jusqu'en 1880, ils avaient pu y être fidèles, de 145 *l* par tête en 1842, ils étaient arrivés, en 1870, à pouvoir distribuer 309 *l*; mais, en 1880, les circonstances les dominaient : la quantité disponible par tête descendit à 288 *l*. Le recensement de cette année relevait, il est vrai, l'existence de 1 206 299 habitants. Des sécheresses désastreuses survinrent qui furent un pressant stimulant.

C'est en 1881, en effet, que fut mise en avant l'idée grandiose d'emmagasiner la presque totalité des eaux du Croton et de les amener à New-York. Le projet alors élaboré comportait :

1° L'exécution d'un barrage de grande dimension, d'une altitude de

85 *m* au débouché de la vallée, en un endroit resserré appelé *Quaker-Bridge*; 2° l'exécution, dans la partie haute de la vallée, de réservoirs supplémentaires sur les divers affluents supérieurs du Croton : on estimait pouvoir créer ainsi une réserve d'une capacité d'environ 162 millions de mètres cubes; 3° enfin, les eaux ainsi recueillies devaient être amenées à New-York par un grand aqueduc en maçonnerie de 53 *km* de long et capable de débiter, en vingt-quatre heures, 946 000 m^3. Les deux dernières parties de ce programme furent favorablement accueillies par l'opinion. Mais le grand barrage de Quaker-Bridge fut l'objet d'une opposition violente et passionnée, qui tint le projet tout entier en échec jusqu'en 1885. A ce moment, et en présence de l'urgence, on résolut de réserver la question du grand barrage, mais d'exécuter sans plus tarder les autres parties du programme. La Commission actuelle fut créée. M. Fteley fut et est resté son Ingénieur en chef, avec M. Wegmann comme Ingénieur divisionnaire. En cinq ans, de 1885 à 1890, on exécuta l'aqueduc. Cet important ouvrage se divise en trois parties : 1° à partir du réservoir, un tunnel voûté de 38,500 *km* où l'eau circule sans être sous charge; 2° à la suite, et à raison de la dénivellation, un aqueduc circulaire de 4,267 *m* de diamètre et de 11,600 *km*, où l'eau est sous charge, et 3°, enfin, tant dans la ville que dans deux grands siphons placés aux traversées de l'Harlem River, 3 900 *m* en tuyaux de fonte de 1,219 *m* de diamètre. En même temps, on créait les réservoirs des parties hautes de la vallée du Croton au moyen de barrages tantôt en maçonnerie, tantôt en terre : à Sodom-Valley, aux Bog-Brooks, situés dans l'est de la vallée, au Titicus, au Carmel; on accrut ainsi de 72 millions de mètres cubes la capacité de la réserve. Ces travaux sont terminés aujourd'hui; ils ont permis aux *Commissionners of the New Croton aqueduc* de reprendre leur noble programme, d'augmenter toujours la disponibilité par tête. En 1890, à 1 515 301 habitants, ils distribuaient 548 680 m^3, soit 362 *l* par tête : en 1894, ils ont atteint 405 *l*.

Rappelons que Paris en est toujours à 260 *l*, dont les 3/5 d'eau polluée.

Les devis étaient de 19 millions de dollars. Les décomptes et entreprises n'ont pas dépassé 15 millions.

Cependant on a repris en 1891 la question du grand barrage du Croton. Une transaction intervint et le barrage est actuellement implanté à *Cornell Site*, à 3 *km* en amont de *Quaker Bridge*. Ce grand ouvrage comprend trois parties : 1° au centre, un barrage en maçonnerie de 183 *m* de long, d'une hauteur maximum de 86 *m*, dont 36 *m* en fondation au-dessous du lit de la rivière : c'est le plus haut barrage existant ; 2° un déversoir en maçonnerie de 305 *m* de long, presque entièrement à angle droit avec la direction du barrage proprement dit ; 3° un grand barrage en terre de 180 *m* de long. Le tout est fondé sur un roc solide, incompressible et inaffouillable. M. Fleury exprime quelques doutes sur la valeur de ces barrages en terre qui entrent dans la composition de presque tous les ouvrages établis dans la vallée du Croton. La partie centrale en est formée par un mur incapable de résister par lui-même aux pressions. Un semblable ouvrage ne se prête pas à un calcul méthodique de la résistance, et les tassements produits par les infiltrations y

semblent toujours à redouter. Cependant, les Ingénieurs américains les emploient avec une confiance absolue.

Le profil du grand barrage en maçonnerie a été calculé par M. Wegmann, en prenant pour base les théories qu'on peut appeler françaises, puisqu'elles résultent des travaux de MM. Delocre, de Sazilly, Bouvier et Guillemain. L'application la plus parfaite de ces théories a été faite au barrage du Chartrain, sur un petit affluent de la rivière de Renaison qui se jette dans la Loire, à Roanne. C'est pour faire cette étude que M. Wegmann a recueilli et compilé la collection des barrages en maçonnerie, qu'il a réunis en y ajoutant des considérations critiques de haute valeur dans son livre cité plus haut sur les *Masonry Dams*. M. Fleury a rapproché le profil du Cornell Site de celui du Chartrain; il a constaté que le profil de ce barrage était conforme aux indications de la science. Toutefois, M. Fleury considère que la limite de compression sur le parement d'aval, fixée par M. Wegmann à 16 *kg* par centimètre carré, est une hardiesse qui ne peut être justifiée que par la qualité supérieure des matériaux et la perfection de l'exécution. M. Fleury rappelle qu'au Chartrain on n'a pas atteint 11 *kg*, qu'à Ternay on a 12 *kg* seulement sur quelques points de base. Il n'est pas non plus tenu assez compte de la résistance à l'extension du parement amont. Enfin, M. Fleury regrette l'exécution suivant un plan rectiligne, qui favorise la production des fissures de température. Mais la science est encore peu fixée sur ces points : les qualités de l'exécution peuvent être supérieures à toute autre considération.

Quoi qu'il en soit, M. Fleury, résumant l'exposé qu'il vient de faire, insiste sur la tendance des administrations new-yorkaises de vouloir toujours augmenter la proportion d'eau disponible par tête. C'est un sentiment de progrès, une haute conception du devoir dont il convient de les féliciter, tout en constatant que les institutions libérales de ce grand peuple y favorisent le développement de ces hautes qualités et leur application aux grandes œuvres d'intérêt public.

M. le Président demande à M. Fleury la permission de lui poser une question : il voudrait savoir à quel prix l'eau est livrée à la consommation à New-York.

M. J. Fleury répond qu'elle est surtout vendue par abonnement ; au compteur, elle est vendue à raison de 10 cents pour 100 pieds cubes, soit un peu plus de 0,15 *f* par mètre cube.

M. E. Badois demande comment l'eau est distribuée une fois parvenue dans le réservoir. S'il a bien compris ce qui a été dit, il n'y a qu'une seule eau à New-York et, par suite, une seule distribution.

Il y a là un enseignement précieux pour Paris. New-York est entièrement entouré d'eau. On pouvait en prendre à peu de distance et faire une seconde canalisation d'eau pour le nettoyage des rues. Malgré cela, la ville de New-York va chercher l'eau à grands frais, construit de grands lacs artificiels et construit des aqueducs dans des terrains très durs, pour n'avoir qu'une seule sorte d'eau, et d'eau très pure. On amène une quantité de 900 000 m^3 pour une population de 1 million 700 000 habitants. Par conséquent, à Paris, où la population est de

2500 000 habitants et, avec la banlieue, qui en compte près de 500 000, environ 3 millions d'habitants, il serait raisonnable d'avoir une provision d'eau double. Nous ne sommes pas très loin de la vérité, lorsque, par l'adduction des eaux du lac Léman, nous voulons doter Paris et la banlieue de 2 millions de mètres cubes par jour. Nous disons qu'il faut l'eau pure et fraiche, et nous nous gardons bien de dire qu'il faut aller chercher l'eau à la mer comme on l'a proposé dernièrement.

M. Badois croit que l'exemple de New-York est favorable au projet que M. Duvillard a eu l'honneur d'exposer à la Société.

M. le Président remarque que c'est évidemment la déduction que l'on peut en tirer en faveur du projet préconisé par M. Badois; mais il ne croit pas cependant que Paris soit placé dans les mêmes conditions que New-York, desservie par le Croton. Il y a, au moins, une distance dix fois plus grande entre Paris et le lac Léman.

D'autre part, la situation de New-York est inexpugnable. New-York ne peut être attaqué que par mer.

M. J. Fleury ajoute que les Américains croient même qu'ils ne seront jamais attaqués chez eux.

M. le Président continue en disant que, par conséquent, les eaux du Croton n'ont rien à redouter d'une guerre; on n'a pas à craindre de voir les eaux coupées. Les eaux du lac Léman, ayant à parcourir 500 *km*, pourraient être, — il ne dit pas empoisonnées, — mais, tout au moins, détournées, en cas d'invasion ou de siège.

M. Badois observe qu'il n'a pas du tout l'intention d'ouvrir une discussion, ce soir, sur la dérivation du lac Léman à Paris. Il a voulu seulement faire ressortir deux points essentiels : c'est qu'à New-York on aurait les facilités les plus grandes pour avoir deux sortes d'eau, et qu'on n'a qu'une seule eau. Il voudrait savoir ce que coûte le mètre cube d'eau amené; il est persuadé que c'est beaucoup plus cher que ce que coûterait l'eau amenée du lac Léman qui ne reviendrait pas à plus de 0,04 *f* le mètre cube, pour de l'eau absolument pure et fraiche arrivant aux points élevés de Paris.

Quant à la question militaire, il ajoute que le trajet est défendu sur les 4/5 de sa longueur, où il est à l'abri de toute espèce d'invasion, qui est la seule chose que nous ayons à craindre; sur le 1/5 restant, l'aqueduc près de Paris serait dans les mêmes conditions que ceux de la Vanne et de la Dhuis, qui n'ont pas été touchés en 1870.

M. Badois tient à faire ressortir de la discussion actuelle deux points : l'emploi d'une seule nature d'eau et une dépense considérable effectuée pour amener 1 million de mètres cubes d'eau par jour à une population de 1 700 000 habitants.

M. Ch. Baudry fait remarquer que New-York n'est pas dans les mêmes conditions que Paris. A Paris, on a sur place de l'eau douce; tandis qu'à New-York, c'est de l'eau de mer. Si on ne prend pas de l'eau dans l'Hudson et dans l'East-River, c'est parce que c'est de l'eau de mer. Il n'y a pas deux distributions, à New-York, parce qu'il n'y a qu'une nature d'eau douce.

M. E. Badois fait remarquer que l'observation qu'il faisait était justement pour faire ressortir ce qu'il peut y avoir d'insolite à proposer d'élever 100 000 m^3 par jour d'eau de mer, soit à Dieppe, soit au Havre, pour l'amener à Paris, afin de ménager l'eau des sources.

M. E. Badois dit qu'il est très certain qu'à New-York l'eau n'est pas buvable; mais elle pourrait servir pour le lavage des rues, cependant on n'y songe pas. On dit qu'à Londres, cela va se faire; c'est bien douteux.

M. J. Fleury croit qu'à Londres le service des eaux est actuellement fort embarrassé.

M. E. Coignet demande si les Américains n'ont pris aucune précaution en vue des fissures du barrage qui est très long

M. J. Fleury répond qu'ils n'en ont pris absolument aucune. Cela l'étonne, parce qu'ils sont au courant des fissures qui se produisent par suite des différences de température. Leurs quais de New-York sont faits en chevrons, placés tous les 70 *m*; dans les chevrons, il y a une garniture en drap; celle-ci est très compressible par les chaleurs de l'été, elle s'écrase; pendant l'hiver, elle donne une étanchéité suffisante. C'est un phénomène très connu de tous les Ingénieurs et de tous les constructeurs de New-York. Il est surpris que, dans leur barrage, ils n'aient pris aucune précaution pour cela.

M. L. Rey tient à rappeler qu'en 1891 une délégation de la Société est allée aux Etats-Unis, et qu'on lui a montré, à l'Exposition de Chicago, une importante collection de dessins dans lesquels tous les projets de M. Fteley étaient représentés. Ces immenses travaux étaient projetés et même commencés; lorsque les délégués de la Société sont passés à New-York, M. Fteley leur a fait voir les travaux en cours; ils ont pu admirer le talent avec lequel les projets étaient établis et les travaux exécutés.

M. L. Rey est heureux de profiter de l'occasion pour remercier, à nouveau, M. Fteley de la manière fort aimable avec laquelle la délégation de notre Société a été reçue.

M. le Président remercie M. Fleury de son intéressante communication, et donne la parole à M. Ch. Labro pour sa communication sur *les projets de l'Exposition de 1900.*

M. Ch. Labro rappelle les circonstances dans lesquelles le gouvernement français décida le 13 juillet 1893 qu'une nouvelle exposition internationale aurait lieu à Paris en 1900. Il indique quelle est l'organisation de cette exposition. Elle comprend sept services placés sous l'autorité du Ministre du Commerce et dirigés par un Commissaire général: la direction générale de l'exploitation; la direction des services d'architecture; la direction des services de la voirie, des parcs et jardins; la direction des finances; le secrétariat général; le service du contentieux; le service des fêtes et en outre une Commission consultative dite Commission supérieure de l'Exposition. — Le 30 juillet 1894, le Commissaire général soumettait à la signature du Président de la République un projet de règlement général que M. Labro commente succinctement.

Il dit qu'après avoir décrété et réglementé l'Exposition, la première

question qui se posa fut celle du choix d'un emplacement. Une Commission préparatoire eut pour mission d'examiner les propositions relatives à ce sujet.

Les principaux emplacements examinés furent au nombre de sept :

1° Plateau de Courbevoie,
2° Parc de Saint-Cloud,
3° Bagatelle-Auteuil,
4° Auteuil-Champ de Courses,
5° Vincennes,
6° Auteuil-Boulogne-Issy,
7° Champ-de-Mars.

Les emplacements extra-muros soulevèrent : 1° des objections particulières tirées des circonstances topographiques, des difficultés d'accès et des charges financières variables avec chaque localité et 2° des objections d'ordre général communes à tous les emplacements.

Ces objections sont examinées pour chaque emplacement ; elles conduisent à rejeter tous les emplacements suburbains et à adopter les terrains du Champ-de-Mars avec l'adjonction du Trocadéro, du quai d'Orsay, de l'Esplanade des Invalides, du quai de la Conférence, du Cours la Reine, soit au total 108 hectares.

Peu après le vote de l'emplacement par la Commission préparatoire, un concours fut organisé entre tous les architectes français et ceux-ci furent invités à présenter leurs projets pour l'Exposition de 1900.

Le programme du concours fut basé sur un système de classification rationnel et sensiblement différent de celui choisi en 1889.

Avant d'exposer le système de classification adopté pour l'Exposition de 1900, les systèmes de classification appliqués dans les précédentes Expositions sont rappelés, les critiques dirigées contre la classification de 1889 examinées.

La classification de 1900 comprendra 120 classes, réparties en 18 groupes.

Partout le matériel et les procédés se trouveront en contact avec les produits. Des mesures seront prises pour que les machines et appareils fonctionnent sous les yeux du public, de manière à initier le visiteur aux différentes fabrications. Le public assistera aux transformations successives de la matière première jusqu'à l'achèvement de l'objet fabriqué. Il y aura là une leçon de choses éminemment instructive et attrayante.

Le délai pour remettre les projets de concours pour l'Exposition de 1900 fut de quatre mois, sur cent vingt projets exposés, dix-huit furent primés.

Les meilleurs projets furent ceux de MM. Girault, Hénard Eugène et Paulin.

Le projet de M. Girault est caractérisé par la réunion de toutes les classes d'un même groupe dans un édifice spécial.

Le projet de M. Hénard est surtout l'affirmation de cette idée : la percée complète allant de l'avenue des Champs-Elysées à l'Esplanade des Invalides, entrainant la démolition du Palais de l'Industrie.

Dans le projet de M. Paulin, la Seine, considérée comme artère prin.

cipale, reçoit sur ses deux rives une série de palais d'une décoration orientale très séduisante et dont le pied repose près de l'eau.

Le concours terminé, il fallait préparer l'avant-projet de l'Exposition; on coordonna les éléments donnés par le concours, la distribution méthodique des divers groupes fut chose relativement aisée.

Le Cours la Reine fut affecté aux Beaux-Arts, l'Esplanade aux Arts décoratifs, les deux rives de la Seine à l'Horticulture et aux pavillons des Puissances étrangères, le Champ-de-Mars à l'Électricité, à la grande Industrie et à l'Agriculture. Les pentes du Trocadéro à l'Exposition Coloniale.

L'entrée principale de l'Exposition, située sur le quai de la Conférence, près la Place de la Concorde, aura lieu par une porte monumentale.

Une entrée d'honneur sera réservée dans les Champs-Élysées, au droit du Palais de l'Industrie, elle ouvrira la nouvelle avenue; à droite et à gauche de cette entrée, seront situés les deux Palais des Arts, édifiés à la place du Palais de l'Industrie.

Prolongeant l'avenue, le nouveau pont sur la Seine, situé dans l'axe de l'Hôtel des Invalides, donnera accès à l'Esplanade dans un grand parc de forme ovale. Latéralement à ce parc, deux galeries longitudinales seront réservées à l'Enseignement, puis viendront une série de galeries transversales flanquées de pavillons d'angle; ces galeries débouchant dans une avenue centrale, comprendront les Arts décoratifs et les Expositions diverses.

Revenant aux quais, nous voyons qu'immédiatement après le pont de la Concorde, sur les deux berges de la Seine s'élèveront des phares qui, le soir, jetteront des feux multicolores; des quais, l'accès des berges aura lieu par des terrasses étagées et des escaliers.

Entre le pont des Invalides et le pont de l'Alma, sur la rive droite, seront disposés le Palais de l'Horticulture, le Pavillon de la Ville de Paris et le Bâtiment de l'Économie sociale.

L'emplacement de la rive gauche sera réservé aux Palais et Pavillons des Puissances étrangères.

Tous ces Palais seront accessibles par des terrasses venant en encorbellement sur les berges, sous les portiques ainsi formés, au rez-de-chaussée, des cafés-restaurants, décorés richement et illuminés le soir, donneront à toute cette partie le charme et le pittoresque du grand canal de Venise.

Cette perspective se continuera jusqu'au pont d'Iéna : sur la rive droite, par les Pavillons des Armées de terre et de mer, celui de la Marine marchande, le Pavillon des Forêts, de la Chasse et de la Pêche; sur la rive gauche, par des terrasses de circulation. Outre le nouveau pont des Invalides, deux passerelles suspendues relieront les rives de la Seine.

Le Champ-de-Mars comprendra un jardin central. Les nouveaux Palais industriels, en bordure d'une part sur ce jardin et d'autre part sur les avenues de Labourdonnais et Suffren, renfermeront, à droite : l'Alimentation, le Génie Civil, les moyens de Transport, la Mécanique et l'Industrie chimique; à gauche, les Mines et la Métallurgie, les fils, tissus et vêtements et les instruments des Lettres, Sciences et Arts.

Enfin, au Trocadéro, les Pavillons et Palais exotiques, les Colonies et pays de Protectorat.

Ce vaste ensemble sera desservi par un chemin de fer circulaire à voie étroite.

M. Labro parle ensuite sommairement de la combinaison financière.

Il termine en examinant rapidement les objections principales faites à ces projets; il les réfute en montrant que leur exécution peut conduire à des merveilles. Il n'est pas douteux pour lui que la prochaine Exposition ne soit au moins aussi grandiose que celle de 1889.

M. le Président remercie vivement M. Labro de sa communication, qui a très bien indiqué ce que sera l'Exposition. Il espère qu'il voudra bien nous tenir, de temps en temps, au courant des travaux pendant leur exécution.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. F. Ch. Baudry, A. de Biedermann, H. Bouvier, J. Brossard, E.-A. Jouan, H. Lautmann, M.-P.-A. Laval et A. Valentin, comme membres sociétaires, et de MM. D.-P. Bellet, Ch.-J. Chevallier, L.-A. François et L. Leverd, comme membres associés.

MM. C. Balme, M.-J.-M. Montoussé, P. Paulin et G.-A. Walcker sont reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

SUR LE
FROTTEMENT DES FLUIDES
CONTRE
LES SURFACES SOLIDES

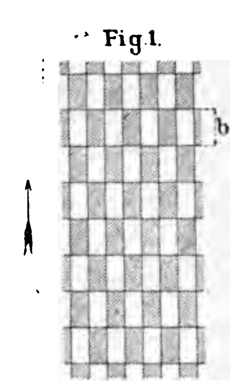
PAR

M. F. CHAUDY

I. — On connait les formules, dont les coefficients ont été déterminés expérimentalement, qui sont employées pour le calcul des travaux de frottement de l'eau dans les tuyaux, dans les canaux découverts et contre les navires; on connaît aussi la formule du frottement des gaz dans les conduites. Nous ne voyons pas qu'il soit possible de se passer de la mécanique expérimentale pour résoudre ce problème du frottement des fluides contre les solides. Mais il nous semble que les formules aujourd'hui en usage ont trop l'aspect empirique parce qu'on n'a pas fait ressortir la représentation matérielle de leurs coefficients. *On ne voit pas ce que ces coefficients désignent* dans les solutions des différents cas de frottement qu'on rencontre en pratique. Cependant, puisqu'il s'agit toujours du même fait, il était intéressant de préciser une méthode générale conduisant, pour chaque cas particulier, à une formule spéciale, mais n'employant jamais que des coefficients ayant toujours la même signification. C'est cette méthode que nous avons recherchée; nous sommes parvenu à l'établir grâce à notre hypothèse sur les surfaces solides et les aspérités qu'elles présentent.

S'il se produit une résistance au mouvement d'un liquide coulant dans un canal, c'est que les parois de celui-ci présentent des aspérités formant ensemble des cavités minuscules qu'il faut que le liquide remplisse et vide successivement en avançant. Ainsi, une surface solide peut être représentée en plan par un damier

comme celui de la figure 1. Les parties hachurées sont en creux et leur profondeur sera représentée par a. Le mouvement du liquide a lieu suivant l'une des deux directions rectangulaires du damier, par exemple suivant celle indiquée par la flèche.



Nous appellerons b la longueur très petite de chaque cavité, mesurée suivant cette même direction. Quant à la largeur d'une cavité, elle peut être ce que l'on veut ; le travail de frottement que nous allons évaluer est indépendant de cette largeur.

II. — Évaluons d'abord le frottement d'un liquide, pesant δ au mètre cube, qui se meut uniformément, avec une vitesse moyenne U à la seconde, dans un tuyau de longueur l et de diamètre intérieur d. La surface interne du tube présente la forme en damier caractérisée algébriquement par les dimensions inconnues a et b.

Soient F l'effort moteur total à une extrémité du tuyau et R l'effort qui lui fait équilibre à l'autre extrémité, par laquelle s'écoule le liquide.

Pour un déplacement b du liquide, le travail absorbé par le frottement est représenté par :

$$(F - R)b.$$

La pression, par unité de surface, qui s'exerce sur toute la surface périphérique du liquide en contact avec les fonds des cavités de la paroi interne du tuyau, est inférieure ou au plus égale (*) à :

$$\frac{R}{\frac{\pi d^2}{4}}.$$

Cette pression p s'exerçant sur tous les fonds des cavités du damier, la pression totale sur toutes les cavités d'un seul rang circulaire est représentée par :

$$p \cdot b \cdot \frac{\pi d}{2}.$$

(*) Cette pression peut être inférieure, en certains points, à $\frac{R}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{\delta U^2}{2g}$, à cause du parallélisme des filets liquides et de la paroi. Comme c'est la paroi qui donne aux filets leur direction, le maximum de pression est $\frac{\delta U^2}{2g}$.

Pendant l'avancement du liquide d'une longueur b, le point d'application de la force ci-dessus se déplace de a, puisque le liquide sort des creux pour passer sur les pleins. Le travail absorbé (*) pour un seul anneau est donc représenté par :

$$p \,.\, b \,.\, \frac{\pi d}{2} \,.\, a.$$

Ce travail n'est d'ailleurs pas rendu par le liquide passant des pleins dans les creux, en sorte qu'il représente le travail de frottement (**). Pour toute la longueur du tuyau, puisque $\frac{l}{b}$ représente le nombre des disques liquides, ce travail sera :

$$pb \frac{\pi d}{2} a \frac{l}{b} = p \frac{\pi d}{2} al.$$

Nous pouvons donc écrire :

$$(\mathrm{F} - \mathrm{R})b = p \frac{\pi d}{2} al,$$

ou bien, en remplaçant p par sa valeur :

$$(\mathrm{F} - \mathrm{R})b = \frac{2\mathrm{R}al}{d}.$$

Le travail par seconde, c'est-à-dire pour un déplacement U, sera représenté par :

$$\mathfrak{T} = (\mathrm{F} - \mathrm{R})\mathrm{U} = \frac{2\mathrm{R}al\mathrm{U}}{bd}.$$

On a d'ailleurs : $$\mathrm{U} = \sqrt{2g \frac{\mathrm{R}}{\frac{\pi d^2}{4} \,.\, \delta}}.$$

De là nous tirons : $$\mathrm{R} = \frac{\delta \mathrm{U}^2}{2g} \,.\, \frac{\pi d^2}{4}.$$

Il en résulte : $$\mathfrak{T} = \frac{\delta}{g} \,.\, \frac{\pi d^2}{4} \,.\, \mathrm{U}^3 \,.\, \frac{a}{b} \,.\, \frac{l}{d}.$$

(*) La figure 2 représente la paroi en coupe suivant le sens du mouvement du fluide.

Fig. 2.

Les réactions r et r' ne donnent pas de travail. Les réactions r' sont supérieures aux réactions r, et on a : $\mathrm{F} - \mathrm{R} = (\Sigma r' - r)$.

(**) En avançant, les disques liquides conservent leur épaisseur b ; il ne peut donc y avoir production d'aucun effort dans le sens de b ou sens du mouvement.

En appelant Q le débit par seconde, il vient :

$$\mathfrak{T} = \frac{\delta}{g} QU^2 \frac{a}{b} \frac{l}{d}.$$

Or, Darcy, pour des tuyaux neufs en fonte, a représenté ce travail par :

$$\mathfrak{T} = 4\delta QU^2 \alpha \frac{l}{d},$$

avec :

$$\alpha = 0,000507 + \frac{0,00001294}{d}.$$

C'est une expression exactement de même forme que celle que nous venons de déduire de l'analyse, en partant d'une hypothèse sur la constitution des surfaces. En égalant entre elles ces deux expressions, nous obtenons :

$$\frac{a}{b} = 4g\alpha = 0,02 + \frac{0,0005}{d}.$$

Telle est la valeur du coefficient (*) de la formule du travail de frottement de l'eau dans un tuyau neuf en fonte, et on vient de voir nettement ce que représente ce coefficient.

III. — Il importe de remarquer que ce coefficient $\frac{a}{b}$ ne dépend aucunement de la nature du fluide qui se meut dans la conduite. On peut donc le déterminer expérimentalement au moyen de l'eau, par exemple, et l'appliquer au cas de l'écoulement d'un gaz. Cependant, nous ne perdons pas de vue qu'il s'agit d'un écoulement avec vitesse constante en chaque point de la conduite. Or, en pratique, cette constance n'est jamais réalisée avec les gaz. On ne devra donc pas s'étonner si la formule ne donne pas rigoureusement, pour les gaz, les mêmes résultats que ceux qu'on pourra obtenir par des expériences directes. Si on veut changer quelque chose à cette formule, pour la mettre d'accord avec ces résultats pratiques, il ne faut pas toucher au coefficient $\frac{a}{b}$ qui, lui, est absolument indépendant du genre de mouvement du gaz.

Ainsi, le travail de frottement, dans l'hypothèse d'une vitesse constante du gaz en tous les points de la conduite, est représenté par :

$$\mathfrak{T} = \frac{\delta}{g} QU^2 \frac{a}{b} \frac{l}{d}.$$

(*) Ce coefficient varie avec le diamètre parce que deux tuyaux différents, quoique faits de même matière, n'ont pas même structure de paroi. Cependant la différence est assez faible entre les tuyaux de 20 à 50 *cm* de diamètre.

Pour les cas de la pratique, où le mouvement n'est jamais uniforme, on prendra :

$$\mathfrak{T} = K \frac{\delta}{g} QU^2 \frac{a}{b} \frac{l}{d}.$$

Voilà pourquoi M. Arson a constaté certaines différences entre les coefficients propres au mouvement pratique de l'eau et ceux propres au mouvement pratique du gaz de l'éclairage dans une conduite de même matière et de même diamètre. Notre théorie du frottement montre bien pour quelle cause ces différences existent, et c'est en cela que cette théorie est intéressante.

IV. — Nous allons montrer maintenant, dans ce paragraphe, comment on doit établir la formule du travail de frottement de l'eau dans les canaux découverts. Il s'agit toujours d'un mouvement uniforme. La formule donnée par M. Bazin est :

$$\mathfrak{T} = \delta l \chi \varphi(U)U.$$

M. Bazin pose $\varphi(U) = \alpha U^2$. Notre hypothèse sur la constitution des surfaces ou parois solides, va bien mettre en évidence la raison pour laquelle il faut donner cette forme à la fonction $\varphi(U)$.

Le liquide, pesant δ au mètre cube, se meut uniformément, avec une vitesse moyenne U à la seconde, dans un canal de longueur l; la section transversale du liquide est Ω et le périmètre mouillé est χ; enfin, la paroi mouillée du canal présente la forme en damier caractérisée algébriquement par les dimensions inconnues a et b.

Soient F l'effort moteur total dans une certaine section transversale, et R l'effort qui lui fait équilibre dans une autre section.

Pour un déplacement b du liquide, le travail absorbé par le frottement est représenté par :

$$(F - R)b.$$

La pression, par unité de surface, qui s'exerce sur tous les fonds des cavités, est inférieure ou au plus égale *en moyenne* à :

$$\frac{R}{\Omega}.$$

Cette pression s'exerçant sur tous les fonds des cavités du damier, la pression totale sur toutes les cavités d'un seul rang transversal est représentée par :

$$\frac{R}{\Omega} b \frac{\chi}{2}.$$

Pendant l'avancement du liquide d'une longueur b, le travail absorbé sera donc, pour un seul rang transversal de cavités :

$$\frac{R}{\Omega} b \frac{\chi}{2} a.$$

Pour la longueur l, puisque $\frac{l}{b}$ représente le nombre des rangs, ce travail sera :

$$\frac{R}{\Omega} \frac{\chi}{2} al.$$

Nous pouvons donc écrire :

$$(F - R)b = \frac{R}{\Omega} \frac{\chi}{2} al.$$

Le travail par seconde, c'est-à-dire pour un déplacement U, sera représenté par :

$$\mathfrak{T} = U \frac{R}{\Omega} \frac{\chi}{2} \frac{a}{b} l.$$

On a d'ailleurs :

$$R = \frac{\varepsilon U^2}{2g} \Omega.$$

Il en résulte :

$$\mathfrak{T} = \frac{\varepsilon}{2g} l \frac{\chi}{2} \frac{a}{b} U^3.$$

C'est une expression exactement de même forme que celle de M. Bazin. En égalant entre elles ces deux expressions, nous obtenons :

$$\frac{a}{b} = 4g\alpha.$$

En particulier, pour des parois en planches brutes, M. Bazin a donné, comme on sait :

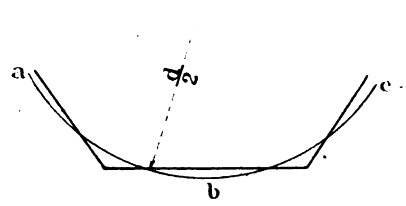
$$\alpha = 0{,}00019\left(1 + \frac{0{,}07\,\chi}{\Omega}\right).$$

Avec notre formule, nous prendrons donc :

$$\frac{a}{b} = 0{,}0074\left(1 + \frac{0{,}07\,\chi}{\Omega}\right).$$

S'il s'agissait d'un canal en fonte neuve, il suffirait de prendre le coefficient $\frac{a}{b}$ donné à la fin du paragraphe II, en donnant à d

la valeur du diamètre d'une circonférence *abc* (*fig. 3*), sorte de forme moyenne de la section transversale du canal. Notre théorie met bien en évidence, en effet, que le coefficient $\frac{a}{b}$ dépend de la paroi et pas du fluide et qu'il peut être déterminé indifféremment par des expériences d'écoulement dans des tuyaux ou dans des canaux découverts.



V. — Cette dernière remarque peut être encore mise à profit à propos du calcul du travail de frottement des bateaux.

Les expériences faites en vue de déterminer la résistance à l'avancement des bateaux donnent la résistance totale et ne peuvent fournir les deux parties qui composent cette résistance, la partie relative au frottement et celle relative au déplacement et à l'agitation de l'eau. Il serait pourtant bien intéressant de connaître chacune de ces quantités. A cet effet, on pourrait fabriquer un tuyau dont la paroi intérieure serait de même nature que la paroi mouillée du bateau. Avec ce tuyau, on ferait des expériences d'écoulement à vitesse constante, ce qui permettrait de déterminer la caractéristique $\frac{a}{b}$ de la paroi. Ce coefficient connu, on pourrait alors calculer le travail de frottement du bateau. Par une différence, on apprendrait la valeur du travail de déplacement et d'agitation du liquide.

NOTE SUR L'ACÉTYLÈNE

PAR

M. A. C. KRÉGLINGER

L'acétylène après avoir été longtemps un corps connu seulement des chimistes commence à jouer un certain rôle dans l'industrie par la lumière brillante qu'il produit. Des fabriques ont été montées à cet effet dans divers pays. C'est M. Willson, à Spray (Caroline du Nord, États-Unis), qui, le premier, a produit en grand le carbure de calcium destiné par sa réaction avec l'eau à engendrer le gaz acétylène. D'autres en produisent également : ce sont les usines électro-chimiques de Bitterfeld, près Berlin, Rheinfelden, Neuhausen, Arteren, d'autres dans les environs de Paris. L'Aktien Gesellschaft für chemische Industrie, de Mannheim, a fabriqué de l'acétylène liquide. A Bruxelles, deux Sociétés se sont constituées pour l'exploitation, l'une par les brevets Ragot, l'autre par les brevets R. Pictet, de Genève. En Amérique, on a cité la New-York Carbide and Acetylene Company, pour l'acétylène liquide avec 7 millions de capital, l'Acetylene Light Heat and Power Company, de Philadelphie, la New-Jersey Carbide and Acetylene Company, l'Electro-Gas Company, à Boston. Les usines du Niagara en fabriquent aussi. Néanmoins, on possède peu de données sur les quantités réellement produites.

Wöhler est un des premiers qui ait indiqué la manière de procéder pour la préparation. M. Berthelot, en 1862, l'obtint au moyen de l'arc électrique fonctionnant dans une atmosphère d'hydrogène ; M. Winkler, en faisant réagir le magnésium sur le carbonate de baryte obtint du carbure de barium analogue au carbure de calcium. M. Travers mit en présence du chlorure de calcium, du sodium et du carbone et obtint l'acétylène impure contenant 4 à 7 0/0 d'hydrogène. C'est le procédé Willson qui est employé maintenant en faisant agir la chaleur extrêmement élevée de l'arc électrique sur un mélange bien pulvérisé de chaux et de carbone :

$$\underset{56}{CaO} + \underset{36}{3C} = \underset{64}{CaC^2} + \underset{28}{CO}$$

les chiffres placés sous les formules représentant les poids moléculaires.

Le carbure de calcium est, ensuite, traité par l'eau qui dégage alors l'acétylène :

$$\underset{64}{CaC^2} + \underset{18}{H^2O} = \underset{56}{CaO} + \underset{26}{C^2H^2}$$

Au lieu de calcium on peut prendre aussi de la baryte ou de la strontiane.

Le four électrique dans lequel on produit le carbure de calcium se compose d'une enveloppe en matière très réfractaire avec un couvercle dans lequel pénètrent les charbons positifs et négatifs reliés par l'intermédiaire de câbles aux bornes d'une dynamo à courant continu ou d'un alternateur. D'ailleurs, on a recours à plusieurs dispositifs. On les munit d'un trou de coulée, d'une vis pour régler la longueur de l'arc; d'un ampèremètre qui sert à indiquer l'intensité du courant; on intercale, en outre, dans le circuit, un interrupteur et un coupe-circuit.

Au Niagara, le courant employé est alternatif. C'est la sole en fonte qui est rattachée aux bornes de la dynamo; l'autre borne est reliée à des blocs de charbon que des contrepoids soulèvent ou abaissent à volonté pour le réglage de la longueur de l'arc. La sole est située sur un chariot, ce qui facilite l'évacuation quand l'opération est terminée après deux heures et demie ou trois heures, elle communique à l'un des pôles de la dynamo. Un homme suffit pour la conduite de quatre fours. La mise en marche se fait par l'intermédiaire d'une bobine à réaction. On utilise 500 *ch* de force pour produire 2 1/2 *t* de carbure en vingt-quatre heures.

Dans les grandes usines on emploie des courants de 4 000 et 5 000 ampères.

D'après M. Moissan, un courant de 350 ampères et 70 volts produisent 120 à 150 *g* de carbure en quinze ou vingt minutes. C'est là une expérience de laboratoire.

D'après une autre donnée, 1 800 à 2 000 ampères et 65 volts suffisent pour donner 570 *kg* en trois heures. M. Addicks admet, en général, que 1 *ch* de force produit par vingt-quatre heures 4,8 *kg* de carbure de calcium. Il opère sur des courants de 1 300 ampères et 100 volts.

Pour les essais, on pourra aussi faire usage de 120 ampères et 12 volts, les charbons ayant 4 *cm* de diamètre et étant reliés par des crayons très minces pour établir l'arc.



Voici, d'ailleurs, les mélanges indiqués par certains auteurs avec le prix de revient par tonne :

600 *kg* charbon.	15 *f*
1 000 *kg* chaux	22,50
200 *ch* de force et douze heures . . .	35
Salaires.	15
	87,50 *f*

A ces frais de fabrication proprement dite, il faut ajouter ceux nécessités par l'entretien des fours, l'administration, la rémunération des capitaux engagés. On espère le fournir à raison de 350 ou 400 *f* la tonne. L'usine de Neuhausen le vend actuellement à raison de 50 centimes le kilogramme avec 10 0/0 de remise dans certains cas; le prix de production est, d'ailleurs, subordonné à un certain nombre de circonstances spéciales qui rendent difficile l'établissement du prix de revient exact.

Le carbure de calcium est un corps gris ou brunâtre ou mordoré, ayant un aspect métallique dans une certaine mesure, plus ou moins cristallin, d'une densité de 2,21, dégageant une odeur alliacée peu agréable; on peut le fondre facilement dans des moules. Plongé dans l'eau, il y a une émission violente de gaz acétylène, 1 *kg* donnant à peu près 300 *l;* toutefois, cette quantité semble être sujette à caution, certains échantillons fournissant au plus 100 *l;* théoriquement, il doit en produire 348 *l*. L'hydrogène et l'azote l'attaquent à 1 200°; le bore et le silicium ne l'attaquent pas même au rouge vif; l'étain, le sodium, le magnésium, n'ont aucune action sur lui même à haute température; le fer réagit au rouge sombre; cette réaction peut être utilisée dans la métallurgie de l'acier, parait-il. Le chlore s'allie à 245°, le brome à 350°, l'iode à 305°. Dans une atmosphère d'oxygène il brûle; le soufre s'y combine à 500° et produit du sulfure de calcium et de carbone; les acides énergiques, l'acide sulfurique ou nitrique fumant ne font rien, mais, dilués, agissent par l'eau qu'ils renferment. Le transport de ce corps peut être dangereux en raison de son avidité pour l'eau et la facilité avec laquelle l'acétylène produit s'enflamme. On doit donc l'emballer avec grand soin dans des caisses de fer-blanc.

Pour produire 1 *t* de carbure il faut employer 700 *kg* de charbon dans le four, un excès étant nécessaire pour que la conductibilité électrique soit suffisante, 2 500 *kg* de charbon pour les machines et 300 *kg* de charbon pour fabriquer 1 *t* de chaux.

La chaux qui reste après l'action de l'eau sur le carbure a une certaine valeur comme sous-produit et est employée dans les maçonneries.

L'acétylène est un gaz à la température ordinaire incolore, ayant aussi une odeur d'ail très prononcée, ce qui fait facilement découvrir les fuites. Sa formule est C^2H^2, son poids moléculaire 26; il renferme 92,31 0/0 de carbone et 7,69 0/0 d'hydrogène; sa densité à la pression ordinaire est 0,91, 1 m^3 pèse 1,165 *kg*. Soumis à la pression, il se condense en un liquide incolore, non réfringent et remarquable par son extrême légèreté. Sous 48 *atm* de pression

Sa densité est	0,46	à la température de	— 7° C.
—	0,451	—	0°
—	0,42	—	16°4
—	0,364	—	35°8

Soumis à l'action de la chaleur, il émet d'abord des vapeurs blanches, puis se décompose en donnant un dépôt de carbone; quand on examine cette décomposition au moyen du couple électro-thermique Le Châtelier (platine et platine rhodié), on remarque que le galvanomètre donne des indications très régulières jusqu'à 800°, puis, subitement, produit une secousse très vive et saute à 1 000°. Ce phénomène est dû à ce que ce composé est endothermique et dégage par sa décomposition une quantité considérable de calorique.

La chaleur peut aussi produire de la benzine et du styrolène C^6H^6 et C^8H^8. La pression de la vapeur est 21,5 *atm* à 0° et 103 *atm* à 31°. L'étincelle électrique transforme le mélange d'acétylène et d'azote en cyanure. C'est peut-être le départ d'une série de transformations très curieuses. L'acétylène est soluble dans l'eau au même degré que l'oxyde de carbone; il est soluble dans l'alcool, la paraffine et la glycérine. Mélangé à l'air il détone; 1,25 volumes d'air et 1 volume de gaz suffisent pour que l'explosion ait lieu; le maximum a lieu avec 12 volumes d'air; elle cesse lorsqu'il y a 20 fois plus d'air que d'acétylène. C'est sur cette propriété qu'est basé l'emploi des moteurs alimentés avec cette substance. La température critique de ce gaz est 98,6 F = 37°C. On peut employer l'acétylène liquide pour produire un froid intense, il y a formation de neige d'acétylène, absolument comme avec l'acide carbonique. Lorsqu'on fait détoner une capsule de fulminate de mercure dans l'acétylène on détermine la formation

d'une étincelle extrêmement brillante avec explosion : néanmoins la chaleur produite est tout à fait localisée, un morceau de papier mis dans l'appareil présente à peine quelques traces de carbonisation : le phénomène a reçu le nom d'éclair de l'acétylène. Le liquide, en se gazéifiant, occupe un volume 400 fois plus grand que le volume primitif. Le gaz peut se comprimer par lui-même jusqu'à environ 75 *atm* lorsqu'on le prépare par le carbure, 1 *g* C^2H^2 exige pour brûler 13,163 *g* d'air ou bien 10,174 *l*. 1 m^3 dégage, d'après M. Bueb, 14378 calories. 1 m^3 donne par la combustion 1 m^3 de vapeur d'eau et 2 m^3 d'acide carbonique.

Certaines réactions de l'acétylène présentent un intérêt assez grand au point de vue de la synthèse. Ainsi, traité par le permanganate de potasse en solution alcaline il produit de l'acide oxalique $C^2O^4H^2$. Si on fait agir de l'acide chromique en solution sur l'acétylène on obtient du vinaigre $C^2H^4O^2$.

L'hydrogène naissant produit de l'éthylène qui, avec l'acide sulfurique, donne $C^2H^5HSO^4$. Ce produit, distillé avec de l'eau, fournit de l'alcool C^2H^6O. D'après M. Frank, 1 *t* de carbure de calcium donne 406 *kg* d'acétylène qui permettent d'obtenir 718,1 *k* d'alcool. 2 *t* de carbure donnent autant que 16 000 *kg* de pommes de terre (rendement moyen de 1 *ha*) qui produisent à peu près 1391 d'alcool.

L'acétylène renferme parfois quelques impuretés de l'hydrogène phosphoré ou sulfuré, provenant, peut-être, de la chaux employée. Il attaque alors les métaux, tandis que, s'il est pur, il n'a aucune action sur ceux-ci; l'ammoniaque aussi jouit de la même propriété; l'acétylure de cuivre qui se forme dans certaines circonstances et qui est, très explosif peut donner lieu à certains inconvénients. C'est une des principales objections qu'on a faites au début et qui n'ont pas de valeur depuis qu'on sait enlever toutes les impuretés; l'emploi des grands froids et des températures critiques permet d'en séparer toutes les substances nuisibles. Les procédés de M. Pictet reposent précisément sur l'emploi de l'acide sulfureux liquide qui détermine une température très basse. Néanmoins cette épuration n'est pas indispensable avec les carbures fabriqués aujourd'hui.

On a reproché à ce gaz d'être vénéneux : des essais suivis ont démontré qu'il n'en est pas tout à fait ainsi. Il est beaucoup moins dangereux que le gaz d'éclairage ordinaire qui est nuisible surtout à cause de la présence de l'oxyde de carbone. Les docteurs Gréhant et Van Vyve ont fait des expériences concluantes à cet

égard, mais il ne remplace pas l'oxygène, bien entendu. Ainsi on a soumis des animaux à un mélange de 20 0/0 d'acétylène et d'air pendant 35 minutes : le sang contenait 1/10 de son volume d'acétylène à 40 0/0, l'animal mourut; après 11 minutes, le sang contenait 1/5 d'acétylène; avec le gaz pur il avait des convulsions et mourut. Le sang à 140°F dissout 80 0/0 d'acétylène; dans le vide il le perd complètement, l'hémoglobine ne formant pas de combinaison stable avec lui comme avec l'oxyde de carbone : dans ce cas la respiration ne sert plus à rien. C^2H^2 est donc toxique au même degré que les gaz des marais c'est-à-dire qu'il asphyxie.

L'acétylène se produit directement dans les lampes spéciales ou bien on l'achète à l'état liquide. On le met alors dans des cylindres en acier extrêmement résistants, analogues à ceux qui servent pour l'acide carbonique; ceux fabriqués par la Société Mannesmann peuvent très bien servir.

L'usage principal de ce gaz est donc l'éclairage. Il donne une flamme extrêmement brillante, très fixe, très blanche, nullement livide comme le bec Auer primitif, chauffant fort peu et ne détériorant pas les papiers et les tentures des ameublements, se prêtant très bien aux opérations de la photographie et de la spectroscopie. Ayant beaucoup de rayons agissant chimiquement. Il est 15 à 18 fois aussi éclairant que le gaz ordinaire brûlé dans le bec papillon et 4 fois et demi autant que le gaz employé dans un bec Auer, à volume égal. Ces résultats ont d'ailleurs été contestés depuis.

1 carcel n'exige, en moyenne, que 7 1/2 *l* par heure. A titre de comparaison, voici le pouvoir éclairant de divers gaz brûlés dans un bec approprié consommant 5 pieds cubes anglais = 141,5 *l* par heure.

Gaz des marais.	5	bougies.
Gaz d'éclairage.	16	—
Ethyle	35,7	—
Propyle.	50,7	—
Ethylène	70	—
Butylène	123	—
Acétylène.	240	—

Le professeur Lewes a fait des recherches pour savoir d'où vient l'éclat de cette lumière et il a trouvé la raison dans la chaleur intense qui se produit quand ce corps se décompose, les par-



ticules de carbone mises en liberté à ce moment sont portées à une très haute température, peut-être 3 000° et plus. En examinant avec le couple thermo-électrique Le Chatelier les différentes zones de la flamme, il a constaté que, dans son ensemble, la température moyenne est beaucoup inférieure à celle d'une flamme ordinaire du gaz d'éclairage. Ce qui explique cette contradiction apparente que le rayonnement de chaleur est beaucoup moindre dans le premier cas, bien que la température soit en partie beaucoup plus élevée. A noter aussi que ce n'est pas la combustion du carbone et de l'hydrogène qui portent les particules de carbone à l'incandescence mais la chaleur de formation de l'acétylène.

On recommande de brûler l'acétylène en le mélangeant avec l'air pour éviter la formation de fumée, de prendre des becs à fente très étroite (papillon) où à deux trous (Manchester). Les becs Brays 0000 et 000000 sont aussi employés à cet effet. La pression doit être un peu supérieure à celle du gaz d'éclairage, 6 à 10 *cm* d'eau environ. Au besoin on intercale avant la flamme un régulateur de pression.

M. Trouvé construit une lampe composée d'un cylindre intérieur en verre dans lequel est un récipient en fil de fer servant à recevoir le carbure de calcium. L'eau est renfermée dans un vase extérieur et pénètre dans le cylindre intérieur par un trou situé en bas; elle vient en contact avec le carbure qui produit alors l'acétylène, celle-ci s'échappant par le bec communiquant avec le cylindre. Si on veut arrêter l'opération on n'a qu'à fermer le robinet : le gaz continuant à se dégager, la pression s'élève et chasse l'eau hors du cylindre intérieur, ce qui met fin à la réaction. Il est bon de mettre du sable dans le fond pour que l'eau pénètre graduellement sinon il pourrait en résulter un dégagegement tumultueux. Il est bon de munir l'appareil d'un petit gazomètre.

On emploie aussi parfois deux vases communiquant par un tuyau en caoutchouc, le premier récipient contient l'eau, le second le carbure. En ouvrant et fermant un robinet, on laisse l'eau arriver jusqu'à la matière.

Un bec brûlant 30 ou 45 *l* à l'heure paraît répondre aux besoins usuels. Si le carbure coûte 0,50 *f* le kilogramme, le gaz, par suite, environ 1,70 *f* le mètre cube, la dépense par heure sera à peu près 0,05 *f* ou 0,08 *f*; la lumière représente alors de 35 à 50 bougies.

Voici, au surplus, quelques données sur le pouvoir éclairant :

Bec à l'acétylène de	35 *l*	à l'heure,	45	bougies
—	45	—	62	—
—	67	—	97	—
—	82	—	138	—
—	92	—	143	—

Bec papillon au gaz	11,5 *l*	à l'heure	par bougie
Bec Argand	10	—	—
Bec Siemens	3,7	—	—
Bec Auer moderne	2,7	—	—

Un des usages qui pourrait donner un résultat sérieux, c'est le mélange avec d'autres gaz moins éclairants : on arriverait ainsi à améliorer la qualité du gaz courant. Actuellement, on emploie le cannel coal : mais ce combustible est rare. On se sert aussi dans certains pays — aux États-Unis notamment — des résidus de pétrole et cette pratique commence à se répandre en Europe. Employer l'acétylène pure serait très avantageux pour certaines villes où le réseau devient trop petit; mais, s'il y a des fuites, la perte en argent peut être considérable, tandis que si on le mélange avec du gaz ordinaire, on utilise mieux sa canalisation et les fuites ne présentent plus autant d'inconvénients.

Le prix en est encore un peu élevé, un concurrent redoutable étant la benzine; d'après M. Schilling pour augmenter le pouvoir éclairant de 1 000 m^3 de gaz de 12 à 16 bougies, il faut 17,5 m^3 d'acétylène coûtant 30 *f* environ, alors qu'il suffit de 16 *kg* de benzine coûtant 6 *f*. D'ailleurs, les chiffres publiés au sujet de la faculté de l'acétylène à améliorer l'éclairage d'autres matières premières varient dans des limites assez étendues.

Voici les essais faits avec un mélange d'hydrogène et d'acétylène brûlant dans un bec de 5 pieds cubes = 141,5 *l* à l'heure.

90 0/0	d'hydrogène et	10 0/0	d'acétylène,	rien	
80 0/0	—	20 0/0	—	1,8	bougies
65 0/0	—	35 0/0	—	14	—
55 0/0	—	45 0/0	—	37	—
43,5 0/0	—	56,5 0/0	—	87	—
0 0/0	—	100 0/0	—	240	—

Les essais entrepris avec le gaz ordinaire ont donné les résultats suivants :

99,10 gaz à 13 bougies et			0,90 0/0 acétylène donnent			13,9 bougies	
96	—	—	4 0/0	—	—	17,3	—
89,5	—	—	10,5 0/0	—	—	25,3	—
66,9	—	—	33,10 0/0	—	—	60,5	—
0	—	—	100 0/0	—	—	240	—

On a eu aussi recours à du gaz fournissant 16 bougies avec 5 pieds cubes par heure. Ramené par la compression à 7,59 bougies, il renfermait 4,62 0/0 d'hydrocarbures lourds absorbables par le brome.

95,51 0/0 de gaz à 7,5 bougies et			4,49 acétylène donnent		14,16 bougies	
90,92	—	—	9,08	—	22,24	—
88,72	—	—	11,28	—	26,98	—
82,38	—	—	17,62	—	38,02	—

Ces expériences font ressortir le pouvoir éclairant de l'acétylène à 153,90 ; 171,14 ; 179,52 ; et 180,34 bougies au lieu de 240 bougies, c'est-à-dire qu'employé dans ces conditions, il est fortement diminué.

Enfin, on peut aussi introduire l'acétylène dans du gaz à l'eau carburé. On avait du gaz de 29 bougies environ qu'on a comprimé à 16 *atm* pour le transporter au laboratoire; on le laissa détendre à 6 *atm*, son pouvoir descendit à 13,5 bougies, il renfermait 13 0/0 d'hydrocarbures lourds, absorbables par le brome.

95,5 0/0 de gaz à 13,5 bougies et		4,5 0/0 d'acétylène donnent		22,69 bougies	
91,6 0/0	—	8,4 0/0	—	29,54	—
88,79 0/0	—	11,21 0/0	—	35,05	—
84,94 0/0	—	15,06 0/0	—	42,19	—
78,56 0/0	—	21,44 0/0	—	52,01	—

La valeur de l'acétylène, au point de vue de l'amélioration de la lumière, varie ainsi de 217,78 à 195,96 bougies. Ces résultats semblent donc beaucoup plus satisfaisants que ceux cités plus haut.

Les chiffres obtenus avec un mélange de C^2H^2 et du gaz à l'eau non carburé sont consignés dans le tableau ci-dessous :

85,64 0/0 gaz et		14,36 0/0 acétylène donnent			1,14 bougies	
81,62	—	18,38	—	—	11,65	—
75,34	—	24,00	—	—	29,45	—
72,16	—	27,84	—	—	40,87	—
62,00	—	38,00	—	—	73,90	—

Dans ce cas, la valeur éclairante de l'acétylène est respectivement : 7,94 ; 63,38 ; 119,42 ; 146,80 ; 194,63 bougies.

L'avenir montrera quels sont les chiffres qu'il faudra adopter.

On a préconisé l'emploi de l'acétylène pour les moteurs, un cheval-heure consommant environ 1/4 de mètre cube, soit environ 0,40 *f* à 0,50 *f* : c'est encore beaucoup trop cher évidemment. Il n'en est pas moins sûr que pour certains usages spéciaux, il pourrait rendre des services signalés. Ainsi, un bateau exigeant 600 000 chevaux-heures pour une traversée demanderait 420 *t* de charbon occupant un espace de 420 m^3 ; ou 108 *t* d'acétylène occupant 270 m^3 à 300 m^3 d'espace, étant comprimé à 5 *atm* ; ou 300 *t* de carbure occupant seulement un espace de 131 m^3.

Le carbure pouvant être moulé en parallélipipède on comprend qu'on puisse utiliser toutes les places d'un navire. Il faut noter, toutefois, qu'il y a un certain danger, la présence de l'eau pouvant provoquer des dégagements gazeux.

Il est possible qu'on en fasse usage pour les voitures automobiles ou les moteurs à la campagne, quand on ne dispose pas d'usine à gaz ou que le transport du charbon devient onéreux. Dans les conditions actuelles, son prix ne permet aucune concurrence avec le gaz ou le pétrole : car il faut remarquer que le coût est de :

0,025 *f* avec le gaz pour produire 1 000 calories;
0,14 *f* avec l'acétylène pour produire 1 000 calories.

Il est probable qu'on tirera profit de l'action réductrice du carbure dans la métallurgie pour éliminer le soufre et le phosphore de l'acier quoiqu'on n'ait pas publié jusqu'à présent des données bien positives à ce sujet.

On se sert dans bien des cas d'acétylène liquide, la compression du gaz n'exige pas une force considérable : par cheval et par heure on comprime 3,7 m^3 à 50 *atm*, donnant 9,552 *l* de liquide; la dépense est donc insignifiante.

La propriété du carbure de calcium de s'emparer de la vapeur d'eau peut être utilisée pour dessécher, en hiver, le gaz d'éclairage, tout en le rendant plus éclairant; on éviterait, ainsi, la formation de l'eau dans les conduites, ce qui est parfois très nuisible.

Le chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée a équipé quelques voitures avec le nouveau luminaire; un chemin de fer suisse également. A Paris, une ligne de tramway éclaire aussi ses voitures de cette façon.

La manipulation de ces corps exige des soins, d'autant plus que des réactions peu connues se manifestent dans certains cas. Au surplus, *il faudra prendre les données publiées à titre d'information, des résultats exacts ne pouvant être obtenus que lorsqu'on aura opéré sur de fortes quantités.*

M. Bredel a publié quelques considérations théoriques sur la chaleur nécessaire pour fabriquer le carbure, en admettant que la chaleur de l'arc est 3 000°, que la chaleur spécifique de la chaux est 0,2, celle du carbone 0,46, sans tenir compte de la chaleur de formation.

	Calories.
	—
La chaleur absorbée pour chauffer 24 *g* de carbone à 3 000° $= \frac{24 \times 3\,000 \times 0{,}46}{1\,000}$ . . . . =	32,12
La chaleur nécessaire pour réduire 56 *g* de chaux à 40 *g* de calcium et 16 *g* d'oxygène	132
TOTAL.	164,12
A défalquer pour la chaleur produite par la transformation de 12 *g* de carbone en 28 *g* d'oxyde de carbone.	28,59
RESTE.	135,53

	Calories.
	—
Comme on a produit 64 *g* de carbure, on aura pour 1 *kg* de carbure $\frac{1\,000 \times 135{,}53}{64}$	2 117
A ajouter 15 0/0 pour la radiation	317
TOTAL.	2 435

Or, 1 cheval-heure fournissant 637 calories, si on admet un rendement de 80 0/0, il donnera effectivement 510 calories. Donc 1 *kg* CaC^2 exigera $\frac{2\,435}{510} = 4{,}78$ chevaux électriques.

Sans en garantir l'exactitude, nous croyons que cette évaluation offre de l'intérêt.

OBSERVATIONS

SUR LA

NOTE DE M. G. HART

SUR LES

GRANDS CROISEURS DE DIVERSES PUISSANCES[1]

PAR

M. L. DE CHASSELOUP-LAUBAT

Après un échange de vues et de documents entre MM. Hart et de Chasseloup-Laubat, en présence du Bureau, il a été reconnu que dans la « Note sur les grands croiseurs de diverses puissances » parue dans le *Bulletin* d'avril 1896, s'étaient glissées certaines erreurs provenant, sans doute, des contradictions existant entre les diverses publications techniques.

Sur la demande de ses Collègues, M. de Chasseloup-Laubat a bien voulu se charger de rédiger la note suivante.

1° Cuirassement anglais contre les explosifs (p. 406).

En réalité, les cuirassements du *Royal Sovereign* et du *Magnificent* sont tous les deux destinés à arrêter et les projectiles de rupture et les projectiles à explosifs puissants. M. de Chasseloup-Laubat, lors de son récent voyage en Angleterre, l'a entendu dire aux Ingénieurs anglais de la façon la plus positive.

D'ailleurs, l'inspection des figures prouve que chacun des deux cuirassements est destiné à défendre le navire contre les projectiles de rupture et contre les obus.

En effet :

1° La cuirasse de 127 *mm* du *Royal Sovereign* n'est bonne que contre les obus à explosifs ; elle a sensiblement la même épaisseur (100 *mm*) que les blindages des croiseurs français et des cofferdams des cuirassés français, destinés à arrêter les obus à explosifs ;

(1) Voir *Bulletin* d'avril 1896, pages 404 et suivantes.

2° La cuirasse du *Magnificent* présente aux projectiles de rupture heurtant la ligne de flottaison une résistance égale à :

$$229\ mm + 100 \times 2 = 429\ mm$$

d'acier, puisque l'on admet que la cuirasse inclinée du pont du *Magnificent* présente, à épaisseur égale, une résistance double de celle d'une cuirasse verticale.

C'est donc une protection très efficace contre les projectiles de rupture, et sensiblement égale à celle qu'offre la ceinture du *Royal Sovereign*.

Ainsi, les blindages du *Royal Sovereign* et du *Magnificent* ne sont que deux solutions d'un seul problème et non point les solutions de problèmes différents.

Ces deux dispositifs ont chacun leurs avantages et leurs inconvénients. A tout prendre, le second est peut-être préférable, quoiqu'il assure moins bien la stabilité du navire contre les coups de l'artillerie.

3° Enfin, la cuirasse de 229 *mm* du *Magnificent* ne couvre qu'un entrepont et non deux.

Paquebots armés en guerre (p. 407).

Les explosifs puissants ne sont nullement indispensables pour immobiliser la machine d'un paquebot armé en guerre. Au contraire, comme le prouvent toutes les expériences faites en France et à l'étranger, leurs effets formidables mais très localisés seraient impuissants contre de robustes écrans disposés autour de la machine, puisque cette machine est située à l'arrière, tandis que l'explosion se produirait surtout dans l'avant du chasseur.

Le projectile de rupture serait de beaucoup plus à craindre pour la machine que le projectile à explosifs.

En outre, il y a toujours intérêt à faire chasser un paquebot armé par un navire beaucoup plus puissant et blindé, de façon à rendre la résistance sinon impossible, du moins très courte, sans quoi les avaries que reçoit le chasseur peuvent être telles qu'il peut être forcé de rentrer à un port ou même d'abandonner la chasse.

C'est qu'il ne faut point perdre de vue que les grands paquebots peuvent porter un armement relativement puissant, et que leurs bonnes qualités nautiques assurent à leurs canons une grande

immobilité de plate-forme, et par suite un tir précis et redoutable.

De plus, le navire chasseur souffre toujours plus ou moins de certains désavantages par rapport au navire chassé : les pièces de l'avant du chasseur sont soumises, par suite du tangage, à des dénivellations plus grandes et plus brusques que les pièces d'arrière du chassé, en admettant même que les bâtiments aient des dimensions et des qualités nautiques égales ; les embruns gênent rarement le tir des canons de retraite, tandis qu'ils rendent souvent difficile le pointage des pièces de chasse ; enfin, les avaries dans les œuvres-mortes de l'arrière d'un bâtiment ne sont généralement pas graves, tandis qu'une ouverture même peu considérable pratiquée dans les murailles du premier quart du navire suffit souvent à laisser entrer des torrents d'eau dont les effets peuvent être désastreux, et en tous cas ralentissent énormément la marche.

Quant à la seconde partie de la proposition, M. de Chasseloup-Laubat fait remarquer qu'un croiseur cuirassé bien construit est aussi léger à la lame qu'un croiseur ordinaire. Ce n'est qu'une question de déplacement.

En résumé, comme le montre l'exemple du *Columbia*, pour chasser les grands paquebots il faut de grands croiseurs de 10000 *t* au moins.

Il y a donc avantage à augmenter le déplacement et, par conséquent, le prix de 15 à 20 0/0, pour donner à ces grands croiseurs une écrasante supériorité sur les paquebots armés en guerre, et leur permettre de recevoir, sans trop souffrir, quelques projectiles dans leur avant.

Guerre d'escadre et guerre de course (p. 408).

L'histoire montre que lorsque la guerre d'escadre a été bien conduite par les Français, elle leur a toujours donné de bons résultats — dans la guerre de l'Indépendance américaine, par exemple. — Elle a, comme toutes les guerres possibles, occasionné des désastres lorsqu'elle a été mal menée.

Dans les guerres de la République et de l'Empire, les Anglais, grâce à l'entraînement de leurs hommes, au parfait entretien de leur matériel et à la supériorité de leurs officiers, nous ont battus, à forces sensiblement égales, comme le prouvent les tableaux sui-

vants relatifs aux trois plus importantes batailles navales de la fin du XVIII[e] siècle et du commencement du XIX[e] siècle.

Bataille du 1[er] juin (1794) :

	26	bâtiments de ligne	français	avec	2 066	canons
contre	26	—	anglais	—	2 016	—

Bataille d'Aboukir (1798) :

	13	bâtiments de ligne	français	avec	1 026	canons
contre	15	—	anglais	—	1 028	—

Bataille de Trafalgar (1805) :

	33	bâtiments de ligne	franco-espagnols	avec	2 620	canons
contre	27	—	anglais	—	2124	—

(On n'indique ici que les bâtiments de ligne, sans tenir compte des frégates qui n'ont pas pris une part sérieuse à l'action.)

Quant à la guerre de course, elle n'a, le plus souvent, produit que des résultats désastreux pour la France, ainsi que le constatent les meilleurs historiens maritimes tant français qu'anglais. C'est elle qui a peuplé les pontons britanniques de nos prisonniers pris par petits paquets sur nos frégates et nos corsaires.

D'après James, dont les chiffres diffèrent peu de ceux que donnent les autres historiens, de 1793 à 1801 la marine française perdit *cinquante-cinq vaisseaux de ligne* et *cent deux frégates*.

De 1803 à 1815, la marine française perdit *trente-cinq vaisseaux de ligne* et *soixante frégates*.

Ces chiffres ne tiennent pas compte des très nombreuses captures de petits corsaires faites par les Anglais.

Comme la plupart de nos vaisseaux de ligne furent pris dans des combats d'escadre, tandis que nos frégates succombèrent généralement à la suite de duels contre des frégates anglaises, il est tout à fait contraire à l'histoire de prétendre que nous avons été plus heureux dans les rencontres isolées que dans les grandes batailles.

La vérité est que dans ces périodes sombres de nos annales maritimes nous avons été pour les mêmes raisons presque constamment vaincus aussi bien dans la guerre d'escadre que dans la guerre de course.

La guerre de course ne peut être faite avec fruit que par des bâtiments très bons, très rapides et très bien commandés.

S'il ne faut pas la négliger, il importe de se rappeler que les

escadres seules peuvent frapper des coups redoutables, car sur mer comme sur terre, on n'obtient des résultats sérieux qu'en concentrant ses efforts et ses forces.

Cette remarque, bien entendu, ne préjuge nullement le type de navire à construire, vu que la guerre d'escadre peut être faite, comme le propose l'amiral Fournier, à l'aide de navires se rapprochant beaucoup de nos croiseurs cuirassés actuels ou encore des grands croiseurs cuirassés italiens.

Du reste, dans l'ancienne marine, il y a eu des cas de combats livrés entre des escadres de frégates, notamment dans la mer des Indes par l'amiral Duperré.

Vitesse de tir de l'artillerie et puissance offensive des bâtiments (p. 413).

Les chiffres admis pour les nombres de projectiles qu'un canon peut envoyer dans un temps déterminé correspondent, à peu près, au maximum d'intensité des tirs possibles à la mer, mais ne représentent nullement l'intensité moyenne du tir pendant un combat ayant une durée supérieure à quelques minutes.

Il en résulte que les chiffres publiés au bas de la planche 161 représentent simplement l'effort offensif maximum (M) dont chaque bâtiment est capable pendant un temps très court, et non point l'effort offensif moyen (μ) que ce bâtiment peut effectuer pendant un certain laps de temps.

Or, M est sans doute intéressant à connaître, mais μ l'est au moins autant, peut-être même davantage.

Si ces deux quantités M et μ étaient des fonctions de mêmes formes des mêmes variables, les tableaux publiés par M. Hart suffiraient non seulement à évaluer l'effort maximum, mais encore à calculer l'effort moyen à l'aide d'une simple multiplication par un certain coefficient qui serait le même pour tous les navires considérés.

Mais, en réalité, il n'en est pas ainsi : M dépend surtout de la moyenne et petite artillerie à tir rapide; μ dépend surtout de la grosse artillerie.

En effet, l'échauffement des pièces et la fatigue des canonniers font qu'il est, par exemple, beaucoup plus facile de continuer, pendant un laps de temps relativement assez considérable, à tirer un coup par minute avec une pièce de 21 *cm* que cinq coups par minute avec une pièce de 14 *cm*.

D'ailleurs, la simple inspection des chiffres admis jusqu'à présent pour l'approvisionnement des pièces de différents calibres, prouve clairement ce qu'avance M. de Chasseloup-Laubat.

On alloue à une pièce de 30 1/2 *cm* cinquante à soixante coups, et à une pièce de 14 *cm* de deux cents à deux cent cinquante coups. Or, pour tirer soixante coups de la pièce de 30 1/2 *cm*, il faut trois heures environ; on admet donc actuellement un peu plus de un coup à la minute pour la pièce de 14 *cm* pour un combat de trois heures.

En supposant même que la pièce de 30 1/2 *cm* pût tirer toutes les deux minutes, l'approvisionnement serait encore suffisant pour un combat de deux heures. Cela reviendrait donc à admettre deux coups à la minute pour le 14 *cm*.

Ainsi, toutes les deux minutes d'un combat prolongé, la pièce de 305 *mm* lancerait environ 300 *kg* d'acier; pendant ce laps de temps, le 14 *cm* lancerait $4 \times 30 = 120$ *kg* d'acier. En supposant — ce qui est sensiblement exact — que les vitesses initiales sont les mêmes, les forces vives développées par les deux pièces pourraient être représentées respectivement par 300 et 120.

Au contraire, si l'on considère dans le combat une phase très courte pendant laquelle on cherche à tirer le maximum de rendement de l'artillerie, la pièce de 305 *mm* développera en deux minutes une force vive qui sera à peine supérieure au chiffre de 300, tandis que la pièce de 14 *cm* tirant à raison de cinq coups à la minute. développera en deux minutes une force vive de $10 \times 30 = 300$ *kg*, c'est-à-dire sensiblement égale à celle du gros canon.

Pour apprécier d'une façon complète les puissances relatives offensives des bâtiments dans un combat où l'artillerie aurait à percer des cuirasses, il faudrait donc établir deux séries de tableaux des valeurs de M et de μ dans les différents secteurs considérés.

En outre, si l'on désirait se rendre compte des puissances offensives relatives des bâtiments dans un combat où l'artillerie n'aurait pas à perforer de cuirasses, il faudrait calculer dans chacun des secteurs considérés les poids P et π lancés par les navires en supposant successivement un combat très court, puis un combat prolongé.

Il ne faut pas d'ailleurs oublier que même pour combattre certains navires cuirassés, l'obus peut être souvent préférable au

boulet de rupture : le poids de projectiles lancés par unité de temps est donc en tout cas un élément important à connaître.

Sans doute de tels calculs seraient longs et fastidieux, mais ils constituent l'unique méthode rationnelle de calculer les puissances destructives de l'artillerie dans les différentes hypothèses possibles.

« **Imperious** » (p. 418-419).

Dans la marine anglaise, il n'y a pas de navire se nommant *Imperious*; c'est sans doute à l'*Impérieuse* que se rapporte la description.

Mais le croiseur cuirassé l'*Impérieuse* n'a pas de *réduit central*, il n'a qu'une ceinture dans la partie centrale.

Cette ceinture partielle est limitée à l'avant et à l'arrière par deux cloisons blindées, mais elle n'est point surmontée d'un réduit.

La voilure de l'*Impérieuse* a été supprimée parce qu'on a constaté qu'elle ne servait à rien.

Mais il n'a pas été question de naviguer à la voile en escadre. En effet, d'une part, les escadres anglaises, depuis longtemps composées presque entièrement de navires sans mâture, ne peuvent pas marcher à la voile ; d'autre part, un navire à voiles est incapable de naviguer de conserve avec des navires à vapeur, puisque celui-là ne peut, comme ceux-ci, dans des circonstances ordinaires, suivre à chaque instant une route quelconque, quelle que soit la direction du vent.

« **Edgar** » (p. 420-421).

L'*Edgar* n'a pas de tourelles pour son artillerie; les pièces qui ne sont pas en casemates sont sur affûts à pivot central.

Les deux gros canons sont seulement protégés par des masques d'acier de blindage de 152 *mm* ; mais les six canons de 15 *cm* montés sur le pont supérieur ne sont protégés que par des masques de 75 *mm*.

Les quatre casemates pour canons de 15 *cm* n'ont une épaisseur de 152 *mm* que sur leur face avant seulement ; la face arrière a une épaisseur de 50 *mm*.

Enfin, point très important à signaler, le poste de commandant est blindé à 300 *mm*, et les communications entre ce poste et le pont blindé sont protégées à 177 *mm*.

Le tir en chasse directe n'est assuré en dehors de la grosse pièce située à l'avant que par les deux canons de 152 *mm* placés en encorbellement à l'avant sur le pont supérieur.

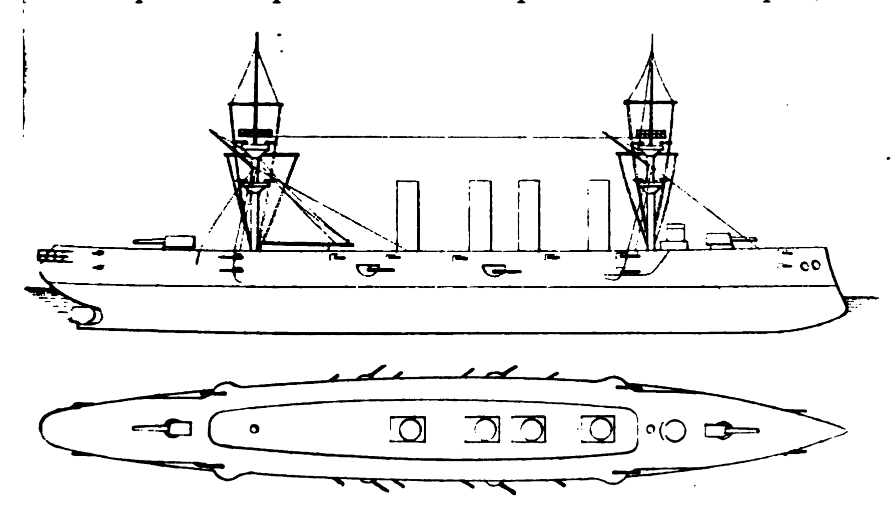
La même observation s'applique au tir en retraite.

« Blenheim ».

Mêmes observations que pour l'*Edgar*.

« Terrible » (p. 423, fig. 17 de la pl. 161).

La courbure du pont blindé a pour but, non point de résister aux effets des explosifs puissants, mais bien de loger les machines sous ce pont ainsi que l'établissent les publications techniques, et



que les ingénieurs anglais l'ont déclaré à M. de Chasseloup-Laubat lors de son dernier voyage en Angleterre.

(P. 435). Il n'y a pas de doubles sabords; le double sabord est impraticable avec les longues pièces modernes; il y a longtemps qu'on y a renoncé.

Il y a simplement des sabords d'angle dans les huit casemates où sont installés les huit canons de 15 *cm* situés le plus à l'avant et le plus à l'arrière.

La disposition générale de l'artillerie du *Terrible* ne saurait être celle qui a été indiquée : en effet, quatre pièces de 15 *cm* disposées dans quatre casemates de 15 *cm* d'épaisseur situées à une douzaine de mètres de l'arrière, et surtout quatre pièces de 15 *cm*

placées chacune dans une casemate de 15 *cm* d'épaisseur situées à une douzaine de mètres de l'étrave feraient qu'un navire aussi long et fin que le *Terrible* tanguerait et plongerait énormément dès que le temps deviendrait un peu mauvais. Dans ces conditions, le croiseur perdrait beaucoup de sa vitesse, tandis que l'amplitude et la violence de ses coups de tangage rendraient le tir de toute son artillerie extrêmement défectueux; enfin, les quatre pièces de 15 *cm* de chasse seraient dans l'impossibilité absolue de tirer.

En réalité, l'artillerie du *Terrible*, sans compter les petites pièces à tir rapide, comprend deux canons de 23,5 *cm*, douze pièces de 15 *cm* à tir rapide et seize pièces de 12 livres à tir rapide. Cette artillerie est disposée comme suit :

A l'avant et à l'arrière, sur la teugue et sur la dunette, et dans l'axe longitudinal du bâtiment, sont situées les deux pièces de 23,5 *cm*.

En arrière de la pièce de 23,5 *cm* de chasse, à peu près par le travers du mât de misaine, quatre casemates (deux de chaque bord), contenant chacune un canon de 15 *cm*, sont disposées l'une au-dessus de l'autre. Les deux pièces les plus basses sont installées sur le deuxième pont, au-dessus du pont protecteur. Les deux autres pièces sont installées sur le pont des gaillards, lequel se trouve être le troisième au-dessus du pont protecteur. Dans chacune des quatre casemates un sabord d'angle permet le tir par le travers et le tir en chasse directe.

A peu près par le travers du grand mât, quatre pièces de 15 *cm* sont disposées d'une façon analogue à celle des quatre pièces avant ; la seule différence est que les sabords d'angle permetten le tir par le travers et le tir en retraite directe.

Les quatre dernières pièces de 15 *cm* sont installées, deux de chaque bord, dans quatre casemates situées sur le deuxième pon au-dessus du pont blindé, c'est-à-dire sur le même pont que les quatre pièces inférieures des deux groupes avant et arrière.

Sur chaque flanc, la distance qui sépare les deux pièces de 15 *cm* avant des deux pièces de 15 *cm* arrière est divisée en trois parties sensiblement égales par les deux casemates des deux autres canons de 15 *cm*.

Les seize pièces de 12 livres sont réparties de la façon suivante :

Quatre tout près de l'étrave, aux emplacements où le dessin de M. Hart indique les 15 *cm* de chasse. Ces quatre pièces sont dis-

posées et réparties comme le groupe des quatre pièces de 15 *cm* de chasse : elles tirent par le travers et en chasse directe ;

Quatre autres pièces de 12 livres sont situées à l'extrême-arrière, aux emplacements où le dessin de M. Hart indique les 15 *cm* de retraite ;

Les huit autres pièces de 12 livres sont placées, quatre de chaque bord, sur le pont des gaillards ; elles tirent par des sabords pratiqués dans les hauts pavois supportant les deux ponts d'embarcations qui, larges de 4,88 *m* chacun, réunissent, comme le feraient deux passerelles, la teugue et la dunette.

Les quatre cheminées sont placées les unes devant les autres, dans l'axe longitudinal du bâtiment et non point suivant deux lignes symétriques par rapport à cet axe.

Avec quarante-huit chaudières, occupant une fraction considérable de la longueur du bâtiment, il faut absolument que les quatre cheminées soient assez éloignées les unes des autres.

« Kaiserin und Konigin Maria Teresia »
(p. 438, *fig. 27, 28 et 29).*

Page 437, il est question du réduit blindé et de la ceinture cuirassée de la *Kaiserin und Königin Maria Teresia*. D'un autre côté, les figures 27, 28 et 29 ne montrent pas ce réduit, tandis qu'elles indiquent la ceinture.

Il aurait fallu, ou bien représenter l'élévation latérale d'un bâtiment, et dans ce cas l'on n'eût pas indiqué les parties cuirassées, ou bien faire un schéma montrant les blindages, et alors les indiquer tous.

D'après les figures 27, 28, 29 et d'après le texte, il y aurait huit pièces de 15 *cm* à tir rapide placées sur deux étages dans huit encorbellements non protégés.

En réalité, les quatre pièces inférieures tirent à travers des sabords d'angle et sont protégées par la cuirasse recouvrant la muraille du bâtiment ; la *Kaiserin und Königin Maria Teresia* a donc la moitié de son armement secondaire à tir rapide fort bien protégée.

« Reina Regente » (p. 438, 439 et 440).

D'après la figure 32, les six pièces de 12 *cm* ne pouvaient faire feu que sur les flancs.

En réalité, les deux canons de 12 *cm* les plus à l'avant pou-

vaient tirer non seulement par les flancs, mais encore en chasse directe; tandis que les deux pièces de 12 *cm* les plus à l'arrière tiraient par le travers et en retraite directe.

« **Infanta Maria Teresa** » (p. 440, 441, 442).

Les machines dépassent sensiblement le pont blindé, ce qui est un point faible, malgré la présence de glacis cuirassés fortement inclinés.

Sur le dessin *(fig. 34)*, la même rectification doit être faite.

Machines du « Columbia » (p. 448).

D'après ce que M. de Chasseloup-Laubat a entendu dire et a pu constater pendant son séjour aux États-Unis, les machines du *Columbia* sont excellentes et donnent entière satisfaction. Pendant la traversée de l'Atlantique faite après l'inauguration du canal de Kiel en 1895, les machines ont parfaitement fonctionné.

En outre, M. Bertin, dans son remarquable rapport sur *la Marine des États-Unis* publié dans *la Revue Technique de l'Exposition Universelle de Chicago en 1893*, ne paraît nullement partager l'opinion de M. Hart.

Il dit textuellement, page 73: « Les courses de pistons sont relativement grandes, presque toujours supérieures au diamètre du cylindre HP; elles sont égales à ce diamètre, seulement, sur le *Columbia*, le *Minneapolis* et l'*Olympia*, ce qui les laisse encore supérieures à 1 *m*. Cette grande longueur de course conduit à des valeurs élevées pour le rapport du pas au diamètre des hélices, condition qui est toujours considérée en Amérique comme favorable au rendement. »

Quant à la traversée en elle-même, il est bon de rappeler ici les conditions dans lesquelles elle devait être faite.

Le commandant du *Columbia* avait reçu l'ordre d'employer le tirage naturel et de ne se servir du tirage forcé que pendant les dernières 24 heures.

Le *Columbia* avait donné aux essais une vingtaine de nœuds au tirage naturel.

La vitesse moyenne de la traversée a été de 18,41 nœuds; il y a donc eu un déchet de 1,5 nœud à 2 nœuds environ, et qui s'explique facilement lorsqu'on prend connaissance des renseignements fournis sur cette traversée par le commandant Sumner.

1° Le *Columbia* a beaucoup mouillé dès que la brise a fraîchi;

2° Les chaudières ont donné des signes de fatigue;

3° Enfin, et surtout, le service des soutes a été tellement pénible que, malgré un renfort de 12 chauffeurs volontaires et de 48 soutiers volontaires pris dans l'équipage, tout le personnel a été littéralement mis sur les dents.

Le commandant Sumner a donc cru devoir renoncer à la marche au tirage forcé pendant 24 heures.

Ce résultat n'a pas surpris M. de Chasseloup-Laubat. Depuis longtemps, il a constaté par lui-même que, sur la plupart des navires de guerre, il était impossible d'organiser un service intensif — on pourrait presque dire une exploitation intensive — des soutes, et plus particulièrement des soutes de surchage et des soutes de la tranche cellulaire.

Lorsqu'on marche à une allure modérée, il est possible de vider d'une façon suffisamment rapide les soutes de surcharge et de l'entrepont cellulaire; on peut par conséquent réserver pour un coup de collier les grandes soutes de cale situées près des chaudières.

Mais lorsqu'on désire maintenir longtemps une allure rapide, il n'en est plus ainsi: la production des soutes de surchage étant insuffisante pour assurer le service des chaufferies, on est conduit à brûler le charbon des grandes soutes de cale dont l'accès est facile, et lorsque ces soutes, d'une exploitation facile, sont épuisées, on se trouve pris par l'insuffisance de débit des soutes de surcharge.

C'est là un point extrêmement important pour les croiseurs, puisqu'ils peuvent être appelés à fournir de longs parcours à une allure forcée. La solution du problème n'est certainement pas commode, et tout porte à prévoir qu'elle ne pourra être obtenue que par l'augmentation du déplacement ou que par l'adoption du combustible liquide.

Quant aux deux premiers points signalés par le commandant Sumner, ils résultent purement et simplement de ce que le *Columbia* est trop petit pour le service qu'on voulait lui faire faire.

Dès 1892, M. de Chasseloup-Laubat avait prévu ces déboires. Voici ce qu'il disait à ce sujet dans son rapport à la Société des Ingénieurs Civils de France.

« Le *Columbia* remplira-t-il son but d'une façon complète, c'est-à-dire pourra-t-il chasser avec succès des paquebots comme le *Teutonic* ou la *City of Paris?* C'est ce que je ne puis dire. Mais s'il me paraît probable que le *Columbia* soit plus rapide que ces grands transatlantiques anglais lorsque la mer est calme, il ne

me semble, par contre, nullement démontré que les superbes paquebots du « White Star » ne puissent pas échapper au croiseur américain dès que la mer serait mauvaise ou houleuse; dans ces circonstances, il est bien possible que les paquebots, grâce à leur grande longueur, à leur plus fort déplacement, à leur plus grande hauteur de franc-bord, ne subissent pas, du fait de fortes lames debout, un ralentissement sensible, tandis que le *Columbia* verrait sa grande marche fortement réduite. »

Enfin, en 1893, à Philadelphie, M. de Chasseloup-Laubat fit cette observation à un des constructeurs du *Columbia*, qui lui répondit que la remarque était juste et que le *Columbia* était trop petit de 3 000 *t*; mais, poursuivit le constructeur américain, c'est le « Naval Department » qui l'a voulu ainsi.

« **Brooklyn** » (p. 450, fig. 70, 71, 72).

L'armement secondaire du *Brooklyn* comprend douze pièces de 127 *mm* à tir rapide. Les deux pièces de 127 *mm* qui manquent sur le dessin sont placées par le travers du grand mât aux emplacements où sont indiquées des pièces de 57 *mm*.

Il y a effectivement des pièces de 57 *mm* par le travers du grand mât; mais ces pièces sont sur le pont du roufle qui prolonge vers l'arrière le pont de la grande teugue, tandis que les pièces de 127 *mm* sont placées sur le pont de la dunette, c'est-à-dire à une hauteur d'entrepont au-dessous des pièces de 57 *mm*.

L'emplacement de ces pièces est indiqué sur la coupe longitudinale du *Brooklyn* qui se trouve dans l'ouvrage publié par M. Bertin sur la *Marine des États-Unis*.

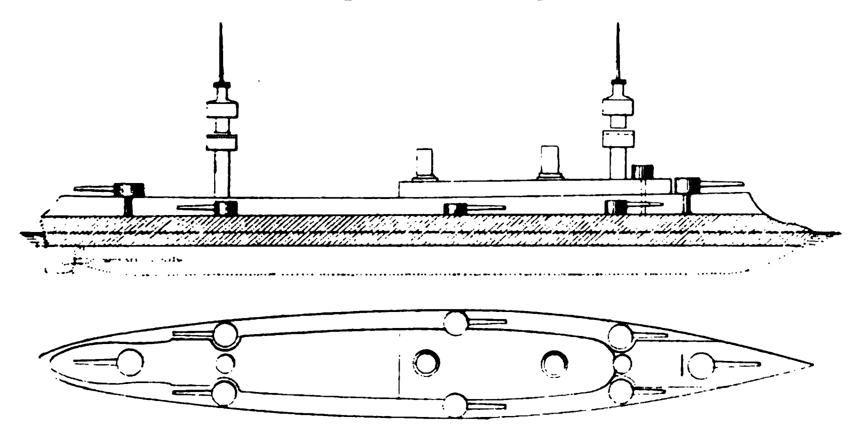
Enfin, il y a un point fort intéressant à signaler sur le *Brooklyn*: c'est la hauteur tout à fait anormale des cheminées.

Le but que l'on s'est proposé d'atteindre est évidemment une amélioration du tirage naturel. Mais il n'est pas prouvé que cet avantage compense les inconvénients résultant pendant le combat de l'effondrement possible de ces immenses cylindres de tôle sur le pont et sur les tourelles.

« **Charner** » (p. 458, 459, 460, fig. 79 et 80).

Le blockhaus du commandant est blindé à une dizaine de centimètres.

Le blindage couvre, non pas toute la coque, mais seulement la

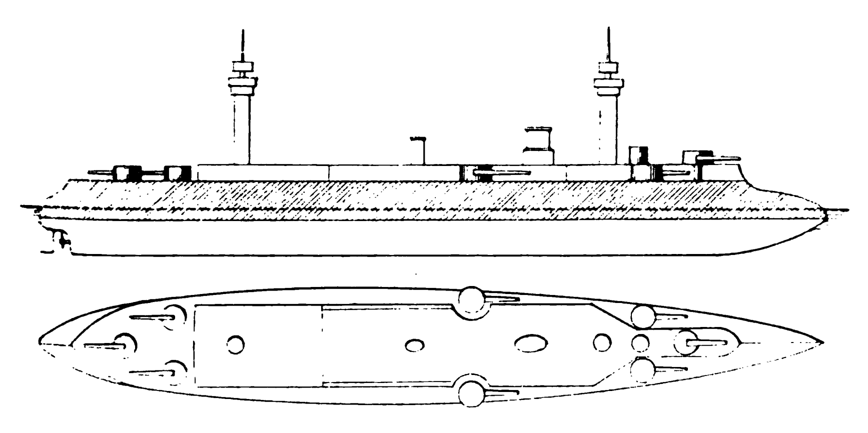


tranche cellulaire et l'entrepont immédiatement au-dessus; il s'arrête à la base des tourelles des canons de 14 *cm*.

« **Dupuy-de-Lôme** » (p. 461 et 462; fig. 82, 83 et 84).

La cuirasse ne monte que jusqu'au niveau de la base des tourelles des deux 19 *cm* et des cinq 16 *cm* placés sur le pont des gaillards.

Il faut aussi mentionner un point des plus importants : c'est que le blockhaus du commandant est cuirassé à 10 *cm*.



Les figures 82, 83 et 84 indiquent la disposition primitive de l'artillerie, disposée en partie dans les *casemates*, tandis que la description s'applique à celle existant aujourd'hui, c'est-à-dire à des pièces mises chacune dans une tourelle.

En réalité, le 16 *cm* de retraite situé le plus en arrière est au même niveau que les deux pièces voisines; de plus, les quatre pièces de 16 *cm*, les plus rapprochées du maître-couple, ne sont point en réduit, mais bien en tourelles fermées, ce qui est tout différent.

Enfin, il est bon de rappeler que si le *Dupuy-de-Lôme* n'a pas atteint les 21 nœuds que l'on paraissait espérer, la faute en est aux défectuosités des chaudières dont l'une a failli causer une épouvantable catastrophe lors des essais.

« Giuseppe-Garibaldi »

D'après la figure 93 sur laquelle sont indiqués les angles de tir des pièces, les six canons de 12 *cm* tirent par le travers seulement.

Or, tous les meilleurs documents publiés jusqu'à ce jour sont d'accord pour établir que, sur ces six pièces de 12 *cm*, deux tirent en chasse et par le travers, deux autres en retraite et par le travers et les deux derniers par le travers seulement.

Voilure des croiseurs (p. 476 et 477).

Il y a incompatibilité absolue entre la possibilité de doter ce genre de navire (un croiseur) d'une voilure susceptible de lui donner une vitesse de 8 ou 9 nœuds et le fait que la mâture ne comporte pas de phare carré.

En effet, s'il est une vérité bien connue dans la marine à voiles, c'est que les voiles goélettes, même avec quatre mâts, sont impuissantes à assurer, si ce n'est par un véritable ouragan, la propulsion d'un très grand navire comme les croiseurs modernes.

Les voiles carrées seules sont capables d'obtenir la marche d'un bâtiment de dimensions considérables.

Sur tous les grands vapeurs modernes, les voiles goélettes et les focs ne servent absolument qu'à diminuer l'amplitude et surtout la brusquerie des coups de roulis. Les expériences faites sur l'*Impérieuse*, bien que ce croiseur cuirassé fût à phare carré, montrent également que l'on peut dire que l'économie de combustible résultant de la présence de cette voilure est négligeable.

En effet, à la suite d'un rapport officiel établissant que l'économie constatée sur l'*Impérieuse* a été sensiblement nulle ou insignifiante.

L'amirauté anglaise a décidé la suppression de la mâture de l'*Impérieuse* et de tous les croiseurs.

Quant aux raisons exactes pour lesquelles les Russes ont conservé sur leurs croiseurs une mâture complète, elles ne sont pas connues; pourtant, il y a tout lieu de penser que c'est en vue de l'instruction et de la formation des équipages.

Quoi qu'il en soit, les croiseurs russes ne peuvent pas aller de la mer Noire à Wladivostock ou de Wladivostock à la mer Noire, par la raison que le traité de Berlin interdit le passage du Bosphore et des Dardanelles aux navires de guerre de toutes les puissances, et que ce traité a, jusqu'à présent, toujours été respecté par tout le monde.

Ensuite, pendant le trajet de la Baltique à Wladivostock, ce n'est que sur une fraction du parcours, — dans la mer de Chine, et surtout entre Singapour et Socotora, — que le vent présente une force et une régularité suffisantes pour qu'un grand navire puisse se servir de sa voilure; la preuve en est que la navigation à voiles entre l'Europe et l'Extrême-Orient a presque entièrement disparu, tandis qu'elle s'est, au contraire, maintenue dans certains parages de l'Atlantique et du Pacifique.

Approvisionnements de charbon des navires à œuvres-mortes basses (p. 478).

Il n'y a aucune corrélation entre le développement des œuvres-mortes et l'approvisionnement de charbon d'un navire, tout au moins pour les bâtiments où une grande fraction du développement est consacrée à l'artillerie et à la cuirasse, c'est-à-dire à des poids considérables occupant de faibles volumes.

D'ailleurs, il est aisé de trouver des exemples qui démontrent qu'il n'y a aucun rapport entre les œuvres-mortes d'un bâtiment et le combustible qu'il peut emporter.

En effet, les trois grands cuirassés anglais où les œuvres-mortes ont été réduites au minimum sont : la *Dévastation*, le *Dreadnought*, et le *Thunderer*.

Dans son *État actuel de la Marine de guerre*, M. Bertin dit, avec raison, que : « ces trois bâtiments sont des monitors, mais avec des superstructures légères étendues ».

Le tableau suivant donne, pour chacun de ces bâtiments, le tonnage, le poids de charbon et le rapport du poids du charbon au déplacement.

	Tonnage.	Approvisionnement de charbon.	Rapport du poids de charbon au déplacement.
	—	—	—
Dévastation . .	9 480 *t*	1 800 *t*	0,189
Thunderer . .	9 480	1 600	0,168
Dreadnought. .	10 990	1 200	0,109

A peu près à la même époque, la marine française construisait le *Redoutable*, la *Dévastation* et le *Courbet*.

Les vitesses et les cuirassements de ces six navires sont comparables : l'armement des cuirassés français est plus considérable, mais il est moins bien protégé et les pièces ont des champs de tir moindres.

D'après M. Bertin, ces navires auraient les chiffres suivants pour les déplacements, approvisionnements de charbon et rapports des approvisionnements de charbon aux déplacements.

	Tonnage.	Approvisionnement de charbon.	Rapport du poids de charbon au déplacement.
	—	—	—
Redoutable. . . .	9 300 *t*	800 *t*	0,086
Dévastation . . .	10 550	750	0,071
Courbet	10 550	570	0,054

D'après Brassey, ces chiffres seraient différents (1) :

	Tonnage.	Approvisionnement de charbon.	Rapport du poids de charbon au déplacement.
	—	—	—
Redoutable . .	8 860 *t*	1 000 *t*	0,112
Dévastation . .	9 639	950	0,098
Courbet. . . .	9 652	900	0,093

Ainsi, même en prenant pour les bâtiments français les estimations les plus élevées, les « monitors à superstructures » ont, et en valeur absolue et relativement à leurs tonnages, plus de charbon que les navires français intitulés parfois cuirassés à grande navigation.

Il était intéressant de comparer l'approvisionnement des navires blindés anglais bas sur l'eau avec celui de nos bâtiments à hautes murailles.

(1) Il y a tout lieu de croire que ce sont les chiffres fournis par M. Bertin qui sont exacts. On n'a indiqué les chiffres de lord Brassey que parce qu'ils *sont moins favorables* aux conclusions que l'on établit, et que l'on désire pousser aussi loin que possible l'impartialité.



La même étude est également instructive lorsqu'on la fait pour les deux types de cuirassés où les œuvres-mortes ont reçu, sur l'un, le développement minimum et sur l'autre, le développement maximum.

Les garde-côtes américains du type *Amphitrite* récemment refondus et reconstruits sont aujourd'hui des navires tout à fait neufs. Ce sont de vrais monitors à deux tourelles, admirables machines de combat par beau temps ou temps moyen; mais on y est, sans aucun doute, mal installé.

Au contraire, le *Carnot* et le *Jauréguiberry* ont trois entreponts de logement qui en feront des navires très agréables à habiter durant la paix; mais en temps de guerre, ces immenses œuvres-mortes constituent des cibles énormes, dont la destruction facile non seulement immobilisera le navire pendant de longues périodes de réparations, mais risquera fort de le compromettre pendant et après l'action elle-même, soit par l'incendie, soit par le coincement des tourelles, soit par la diminution subite de l'angle où le couple de redressement devient nul.

Le tableau suivant résume les caractéristiques de ces deux types de navires.

Déplacement.	Approvisionnement de charbon.	Rapport du poids de l'approvisionnement de charbon au déplacement.	Approvisionnement de charbon avec surcharge.	Rapport de l'approvisionnement de charbon avec surcharge au déplacement.
—	—	—	—	—
Amphitrite (4 053 *tx*) . .	253	0,062	330	0,081
Carnot (12 000 *tx*) . . .	700	0,059	?	?
Jauréguiberry (11 825 *tx*).	700	0,059	900	0,076

Ces tableaux montrent que les approvisionnements de charbon des navires à œuvres-mortes basses ne sont pas forcément moindres que ceux des bâtiments à hautes murailles.

Quant à la question de savoir si les navires du type monitor plus ou moins modifié peuvent ou non accompagner des navires de haut bord et tenir la mer, elle a été depuis longtemps résolue.

Les cuirassés anglais du type *Dévastation* ont, en effet, navigué en escadre pendant de longues années. Les officiers qui ont été embarqués sur ces navires en paraissent, pour la plupart, fort satisfaits à tous égards. Il n'est pas rare d'entendre dire en Angleterre que le *Dreadnought* est peut-être le navire de combat le plus réussi que les chantiers britanniques aient jamais construit.

Enfin, les monitors américains ont traversé l'Atlantique sans

accident et sans imposer des fatigues exagérées à leurs équipages; l'un d'eux a même été de New-York à San-Francisco en doublant le cap Horn.

État des marines européennes.

La classification adoptée dans la *Note sur les grands croiseurs des diverses puissances*, ressemble beaucoup à la classification de *L'Aide-Mémoire de l'officier de marine*, excellent ouvrage où, à côté de quelques erreurs, se trouvent réunis et classés un grand nombre de renseignements précieux.

Par exemple, pour les navires cuirassés, voici les deux tableaux des deux ouvrages.

Tableau de l'Aide-Mémoire :

Cuirassés.	France.	Russie.	Angleterre.
De 10 000 *t* au moins et au moins de 18 nœuds	1	2	8
De 10 000 *t* au moins et au moins de 16 nœuds	6	2	13
De 8 000 *t* au moins et plus de 14 nœuds	8	7	13
De moins de 8 000 *t* et au moins de 16 nœuds	»	1	»
De moins de 8 000 *t* et de 14 nœuds au moins	4	»	»

Tableau de la note sur les grands croiseurs des diverses puissances :

Cuirassés.	France.	Russie.	Angleterre.
De 10000 *t* au moins et 18 nœuds au moins	1	2	8
De 10000 *t* au moins et 16 nœuds au moins	6	2	13
De 8 à 10000 *t* et de 14 à 16 nœuds	8	7	13
De moins de 8 000 *t* et 16 nœuds au moins	»	1	»
De moins de 8 000 *t* et 14 à 16 nœuds	4	»	»

Les seules différences résident uniquement dans les appellations de la 3e et de la 5e classe.

Les erreurs de l'*Aide-Mémoire* se retrouvent dans la *Note sur les grands croiseurs des diverses puissances*. Par exemple :

Dans la 1re classe (10 000 *t* au moins et 18 nœuds au moins) ni la France ni la Russie ne possèdent, en réalité, aucun bâtiment; l'Angleterre en a non pas 8 mais 3. Ce sont le *Barfleur*, le *Centurion* et le *Renown*.

Aucun des navires de la classe *Résolution* n'a dépassé ni même atteint 18 nœuds *en pleine charge*.

Les tableaux précédents sont donc inexacts.

Mais il résulte de la modification apportée dans la *Note sur les grands croiseurs* à la classification de l'*Aide-Mémoire* qu'un certain nombre de bâtiments qui étaient compris dans les catégories de l'*Aide-Mémoire* ne peuvent trouver place dans les catégories de la *Note sur les grands croiseurs des diverses puissances*.

Ce sont :

L'*Amiral-Duperré*	10.487 *t* et 14,3	nœuds
L'*Amiral-Baudin*.	11.900 *t* et 15,2	—
Le *Hoche*.	10.690 *t* et 15,7	—
Le *Dreadnought*	10.990 *t* et 14,2	—
L'*Inflexible*	11.850 *t* et 12,8	—
Le *Collingwood*	9.500 *t* et 16,5	—

Pourtant ces navires ont une grande valeur militaire.

De plus, les conclusions de la *Note sur les grands croiseurs* sont inexacts en admettant même que les tableaux soient justes.

En effet, la *Note sur les grands croiseurs* (p. 408) parle des navires que la France et la Russie peuvent « mettre en ligne » soit contre l'Angleterre, soit contre la Triple-Alliance; dans cette estimation sont comprises toutes les forces navales de l'empire russe.

Or, la Russie n'est point maîtresse de faire passer ses navires de guerre à travers le Bosphore et les Dardanelles.

Ces détroits sont interdits aux navires de combat de toutes les nations. De puissantes fortifications en rendent le passage bien difficile à moins d'alliance avec le Sultan.

Il faut donc ou bien retrancher la flotte russe de la mer Noire du total des forces franco-russes en cas de lutte contre l'Angleterre, ou bien supposer une alliance franco-russo-turque pour avoir le droit de faire entrer en ligne de compte les navires construits à Nicolaïef et Sébastopol.

L'*Aide-Mémoire* n'a point commis la même erreur que la *Note sur les grands croiseurs;* il s'est contenté de donner un tableau de ce

qu'il estime être les forces navales des différentes nations, mais il s'est bien gardé d'en tirer des conclusions.

Quant à la classification considérée en soi, elle est arbitraire et ne saurait donner des indications nettes sur les forces relatives des puissances européennes. Elle est admissible comme *memento*, comme simple tableau, ainsi que la donne l'*Aide-Mémoire;* mais on ne peut la prendre pour base d'estimation des forces maritimes des nations.

Une classification logique et suffisamment précise pour permettre un semblable travail devait être faite dans le genre de celle que donne M. Bertin dans son *État actuel de la marine de guerre.*

Les bâtiments identiques ou semblables y sont classés en groupes homogènes ou à peu près homogènes; l'ensemble de ces groupes forme des catégories qui répondent à la réalité des faits. De plus, M. Bertin prend comme base de comparaison le déplacement, c'est-à-dire le poids.

C'est que, pour des bâtiments similaires construits à la même époque ou pendant une période assez courte, la puissance est proportionnelle au déplacement : en effet, comme M. de Chasseloup-Laubat l'a dit dans son rapport officiel sur l'Exposition de Chicago et dans le compte rendu qu'il en a donné à la Société des Ingénieurs Civils de France, *le déplacement se traduit toujours par de la puissance, que cette puissance soit militaire (artillerie ou cuirasse) ou que cette puissance soit mécanique (vitesse et charbon).*

MESURES

DE LA

RÉSISTANCE A L'USURE

DE QUELQUES ALLIAGES DE CUIVRE

PAR

MM. P. JANNETTAZ & M. GOLDBERG

Après avoir fait l'étude de la résistance à l'usure des verres et des émaux au moyen de l'usomètre (1) nous nous sommes proposé d'appliquer cet appareil à la détermination de l'usure des métaux.

Nous avons commencé par les alliages de cuivre, et nous avons pu examiner un assez grand nombre d'échantillons de laitons et de bronzes.

Méthode de mesure. — La méthode consiste à déterminer, au moyen d'une balance de précision, l'usure en poids, c'est-à-dire la perte de poids produite sur de petites éprouvettes de divers métaux à essayer, ces éprouvettes étant taillées sous forme de prismes carrés de dimensions rigoureusement déterminées.

Dans chaque expérience on opère sur quatre éprouvettes, dont trois au plus proviennent de métaux à étudier, l'une au moins étant constituée par un métal adopté comme type de comparaison. De cette façon on peut comparer rigoureusement un nombre quelconque d'échantillons sans avoir à se préoccuper du temps, de la vitesse ou du nombre de tours.

Usomètre. — L'usomètre est constitué par un petit lapidaire à la surface duquel frottent les échantillons à étudier, maintenus à des tiges verticales chargées de poids (*fig. 1*).

(1) *Détermination de la dureté des matières vitreuses et cristallisées au moyen de l'usomètre.* Comptes rendus du Congrès tenu en août 1895, à Bordeaux, par l'Association française pour l'Avancement des Sciences.

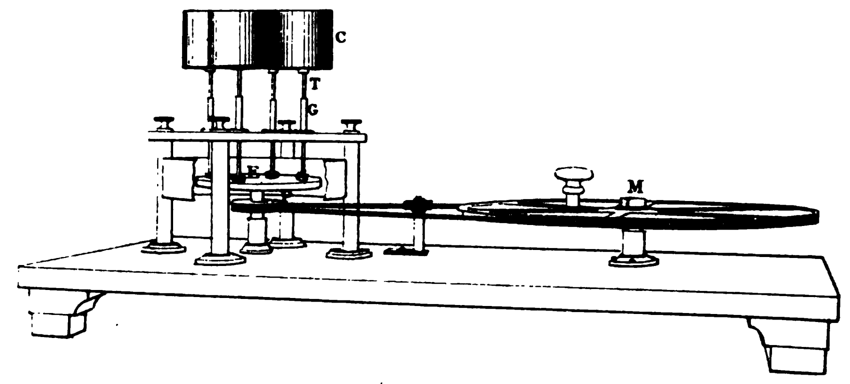
C'est donc un appareil très simple; il a été construit avec une grande précision, par M. I. Werlein dont l'habileté est bien connue.

Le bâti, primitivement en bois, a été remplacé par un bâti en laiton pour éviter toute cause de jeu.

Les coupelles servant à charger les tiges sont de deux types différents, suivant qu'on veut opérer avec des poids plus ou moins lourds. Celles que représente le dessin sont les plus grandes.

Les tiges en acier coulissent très exactement dans des glissères qui ont été alésées intérieurement à la dimension voulue; quoique le frottement y soit minime, on se propose de remplacer ces glissières par des colliers à billes.

Les tiges portent à leur partie inférieure des rondelles qui y sont vissées; on fixe les échantillons à ces rondelles au moyen



LÉGENDE : P, plateau supportant la matière usante; — E, échantillons à user; — T, tiges auxquelles sont collés les échantillons; — G, glissières des tiges; — C, coupelles servant à charger les tiges; — M, poulie manivelle actionnant le plateau.

d'une colle constituée par un mélange de résine et de cire; ce mélange est facilement fusible et est soluble dans la benzine, ce qui permet de décoller les échantillons en les chauffant légèrement et de les nettoyer ensuite très complètement avant de les peser. Il faut une certaine habitude pour bien centrer les échantillons en même temps qu'on les colle; aussi, dans quelques cas demandant une précision particulière, emploie-t-on des échantillons taraudés intérieurement; on les visse directement à la partie inférieure des tiges à la place des rondelles qui les terminent ordinairement.

Les plus grandes difficultés matérielles que présentent ces recherches proviennent des plateaux sur lesquels est placée la ma-

tière usante. Ceux-ci se détériorent, en effet, très vite et se creusent d'un sillon suivant les points où a lieu le frottement. Il faut les remplacer après trois ou quatre expériences. La mise en place des plateaux est assez délicate ; les plateaux sont, en effet, collés au moyen de mastic des fontainiers, à un autre plateau plus petit et fixé à l'arbre du tour, et il faut, dans ce collage, centrer le plateau autant que possible et surtout le placer suivant un plan horizontal pour éviter qu'il ne décrive une surface gauche ; dans ce dernier cas, les tiges au lieu de se maintenir immobiles montent et descendent dans leurs glissières.

Différents modes d'usure. — Il faut se préoccuper de l'influence que peut avoir le mode d'usure suivant qu'on emploie des poudres fixées au plateau du lapidaire ou, au contraire, mobiles à sa surface. Les premières présentent un avantage, c'est que l'on a pas à craindre qu'elles pénètrent dans la matière examinée et viennent ainsi changer sa résistance à l'usure. Les poudres peuvent être fixées de différentes façons : 1° être agglomérées par un ciment pour constituer une meule; 2° être collées suivant une couche mince, comme dans le papier émeri ; 3° être répandues à la surface plane d'un métal tendre, tel que du cuivre, du zinc, ou du laiton; en frottant l'un sur l'autre deux plateaux semblables après qu'on a mis entre eux une poudre usante, on fait pénétrer celle-ci dans le métal et on constitue ainsi un plateau émerisé, sorte de meule à grains très fins.

Nous avons fait des essais avec des meules du commerce et avec des plateaux métalliques émerisés. Les meules nous ont donné de mauvais résultats. Quand le grain est gros il se produit l'arrachement du métal et non l'usure. Dans tous les cas le métal laisse sa trace sur la meule, en change par suite la surface et en diminue la puissance d'attaque.

Les plateaux émerisés présentent le même inconvénient. On peut bien essayer d'empêcher l'adhérence du métal en ajoutant un liquide qui entraîne les produits de l'usure; dans ce cas la puissance d'usure du plateau est d'une durée un peu plus longue mais encore bien insuffisante. En résumé, les plateaux émerisés ont pour inconvénients : 1° d'user très peu la matière pendant qu'ils agissent; 2° de ne pouvoir agir que très peu de temps. Par conséquent la quantité de matière usée dans une expérience, surtout quand il s'agit d'un corps résistant, est très faible et les erreurs prennent une importance relative considérable.

Les poudres mobiles peuvent, au contraire, produire rapidement une usure très importante, ce qui se conçoit puisqu'au fur et à mesure que la poudre usante se mélange à la matière usée et perd de son action, la force centrifuge tend à la chasser et que, par suite, on doit ajouter de nouvelle poudre pendant toute la durée de l'expérience. Aussi est-ce avec des poudres mobiles que nous avons opéré.

Leur emploi peut donner lieu à de nombreuses questions, relativement à l'influence de leur nature, de leur dureté, de la dimension de leurs grains, de leur emploi à sec ou, au contraire, en présence d'eau, d'huile, etc. Nous avons fait quelques recherches sur ces différents points, ainsi que sur les relations qui existent entre l'usure et la charge par unité de surface. Mais les expériences ne sont pas encore assez nombreuses pour qu'il nous soit permis d'en tirer ici des conclusions.

Conditions expérimentales adoptées. — Au contraire, nous avons étudié d'une façon complète un ensemble de conditions qui nous ont permis d'obtenir sur des échantillons de laitons et de bronzes des résultats sûrs et précis. Ces conditions sont les suivantes :

Les échantillons taillés avec grand soin ont des sections carrées de 5 *mm*; leur hauteur est d'environ 8 *mm*. Pour des expériences très précises, après découpage, on donne aux échantillons la dimension voulue à la lime ou bien on réunit en pile une série d'échantillons et on use cette pile sur un lapidaire d'opticien; de cette façon on obtient une série d'éprouvettes ayant des sections identiques; pour des expériences courantes le découpage à la fraise réalisé avec la précision que peuvent obtenir dans leurs ateliers MM. Regnard frères suffit très bien.

Les plateaux sont en acier trempé dur; ils sont choisis aussi plans que possible. Leur diamètre utile est de 11 *cm*. Leur vitesse est d'environ 800 à 1 000 tours par minute. On tourne en général pendant 20 minutes, en deux périodes de 10 minutes, de sorte que le parcours suivant lequel se produit l'usure a un développement de 5 à 6 ou 7 *km*.

La poudre usante que supportent ces plateaux est de l'émeri dit « trois minutes » lavé et séché. On le mélange avec de l'huile de colza de façon à former une pâte qui s'étale sous l'influence de la force centrifuge en une couche qu'on renouvelle presque incessamment. La charge qui convient le mieux est d'environ 5 à 6 *g* par 1 mm^2 de section.



Dans ces conditions les échantillons ne s'échauffent pas. L'usure dans chaque expériences est de plusieurs décigrammes.

Pour avoir l'usure en volume il faudrait diviser par la densité.

Réglage de l'appareil. — Le réglage de l'appareil se fait en comparant les résultats donnés par les quatre tiges, à chacune desquelles est collé un échantillon d'un même métal.

Métal type. — Comme métal type nous n'avions guère à choisir qu'entre le cuivre ou le zinc; parmi les métaux communs, ce sont ceux qu'on peut obtenir à un état de pureté relativement assez grand. La structure du zinc qui présente souvent de grands cristaux, nous à conduits a laisser de côté ce métal. Nous avons pris comme métal étalon le cuivre fin du commerce en planche. Les erreurs provenant de la non homogénéité de ce métal sont inférieures aux erreurs d'expérience.

Nous avons indiqué en décrivant l'appareil ses imperfections de là résultent des erreurs qui atteignent une certaine valeur, mais qu'il est facile de beaucoup diminuer, comme on va le voir.

Examinons, par exemple, les résultats de deux expériences successives faites avec quatre échantillons de cuivre identiques collés sous les quatre tiges.

Usures en grammes.

Numéros des tiges.	1re expérience.	2e expérience.	Total des deux expériences.
I	0,200	0,255	0,455
II	0,208	0,252	0,460
III	0,211	0,252	0,463
IV	0,204	0,256	0,460

La première expérience a donc donné une erreur de 5,5 0/0 et la deuxième une erreur de 2 0/0.

Mais il faut remarquer que les écarts ont leurs valeurs maxima pour les tiges diamétrales; c'est là un fait général qui s'explique par les mouvements verticaux des tiges dans les glissières sous l'influence des déplacements gauches du plateau. Si donc on ajoute les résultats correspondant aux tiges diamétrales, non seulement on diminue l'erreur relative, en doublant le nombre sur lequel elle porte, mais on amoindrit l'erreur absolue. Voici les résultats qu'on obtient en ajoutant les nombres correspondant aux tiges 1 et 3 d'une part, et aux tiges 2 et 4 d'autre part.

Première expérience :

Tiges n° I et n° III. . .	0,200 + 0,211 =	0,411
— n° II et n° IV. . .	0,208 + 0,204 =	0,412
	Erreur. . . .	$\frac{1}{400}$

Deuxième expérience :

Tiges n° I et n° III. . .	0,255 + 0,252 =	0,507
— n° II et n° IV. . .	0,256 + 0,252 =	0,508
	Erreur. . . .	$\frac{1}{500}$

Le fait que les échantillons collés ne sont pas parfaitement centrés est aussi une cause d'erreur; aussi, à chaque expérience, on décolle et on recolle les échantillons.

Enfin, l'erreur provenant des frottements des tiges peut également être beaucoup diminuée.

Pour cela on devrait faire subir aux échantillons trois permutations, de telles sorte qu'ils soient soumis à quatre expériences successives, sous chacune de l'une des tiges. Mais étant donné qu'on prend la somme des tiges diamétrales il n'est plus nécessaire que de faire une seule permutation.

C'est ce qui a lieu dans l'exemple précédent où l'on a fait deux expériences successives; après la première on a décollé les échantillons pour les placer sous la tige voisine. En faisant la somme des résultats obtenus dans chacune de ces expériences, on a :

Tiges n° I et n° III. . .	0,455 + 0,463 =	0,918
— n° II et n° IV. . .	0,460 + 0,460 =	0,920
	Erreur.	$\frac{2}{918}$

Soit une erreur de 0,0021.

Laitons

La précision de l'appareil, nous a engagés à comparer la résistance à l'usure aux autres propriétés mécaniques des métaux. Nous avons pu le faire dans des conditions particulièrement intéressantes, grâce à M. G. Charpy, Ingénieur du laboratoire central de l'artillerie de marine, que nous tenons à remercier d'avoir

bien voulu nous faire préparer une série d'éprouvettes, tirées des différents alliages qui lui ont servi pour ses importantes recherches sur les alliages de cuivre et de zinc (1).

« Ces alliages ont été préparés directement au moyen des métaux des meilleures marques du commerce, fondus et laminés en planches par la Compagnie française des Métaux. Ils contenaient, comme impuretés, de petites quantité de plomb, d'étain et de fer formant en tout de 0,3 à 0,4 0/0. »

Ces alliages, après avoir été écrouis, ont été recuits à 700°, sauf ceux dont le point de fusion a obligé à se tenir à des températures inférieures.

Les résultats que nous avons obtenus sont reproduits dans le tableau ci-joint dont les colonnes indiquent : la première, les teneurs en zinc des alliages cuivre-zinc; la deuxième, l'usure rapportée à celle du cuivre prise égale à 1 000; la troisième, la dureté définie comme inverse de l'usure.

Teneur en zinc.	U = usure en grammes.	$\frac{1}{U}$ = dureté à l'usure.
00,0	1 000	1 000
10,1	846	1 182
18,4	854	1 170
27,1	905	1 105
30,2	929	1 075
32,3	940	1 063
34,7	950	1 052
37,6	1 003	997
40,4	1 031	970
41,7	1 075	930
44,7	1 148	871
49,7	1 240	806
60,1	fragile	—
80,1	586	1 706
99,6	777	1 288

Si l'on traduit graphiquement ces résultats on obtient une courbe (*fig. 2*) sur laquelle on remarque :

1° Que son tracé est tout à fait régulier jusqu'à la teneur de 30 0/0 en zinc;

(1) G. Charpy. *Recherches sur les alliages de cuivre et de zinc*. Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, février 1896.

2° Qu'elle présente une anomalie pour les points correspondant aux teneurs comprises entre 32,3 et 34,7 0/0 de zinc. Nous reviendrons sur ce dernier fait;

3° Qu'il y a une interruption à partir de l'alliage contenant 49,7 0/0 de zinc. La cause en est qu'à partir de cette composition les alliages deviennent extrêmement fragiles.

C'est ainsi qu'un alliage à 60 0/0 de zinc qui n'avait d'ailleurs pas pu être taillé, comme les autres, en prisme à arêtes vives et régulières, nous a donné, quand nous l'avons monté sur l'usomètre, des éclats qui rendaient toute pesée illusoire.

L'alliage à 80 0/0 peut, au contraire, être taillé et usé régulièrement;

4° Si l'on compare cette courbe à toutes celles qui représentent les propriétés mécaniques étudiées par M. Charpy on voit qu'elle n'a d'analogie qu'avec la courbe qui représenterait la striction. Les analogies sont assez grandes, si ce n'est que pour la striction le minimum correspond à une teneur en zinc supérieure (18 0/0).

Sur ce dernier point ajoutons que dans l'ouvrage très documenté du professeur Thurston (1) sur les alliages de cuivre, on ne trouve pas de courbe ayant un minimum aux environs de 10 0/0 en zinc si ce n'est celle qui représente le moment maximum de torsion.

Dureté à l'usure. — Il nous paraît naturel de définir la résistance ou dureté à l'usure l'inverse de l'usure. On a, en calculant ces inverses, obtenu les nombres formant la troisième colonne du tableau précédent; la courbe qui leur correspond est représentée par une ligne tracée en pointillé mixte figure 2.

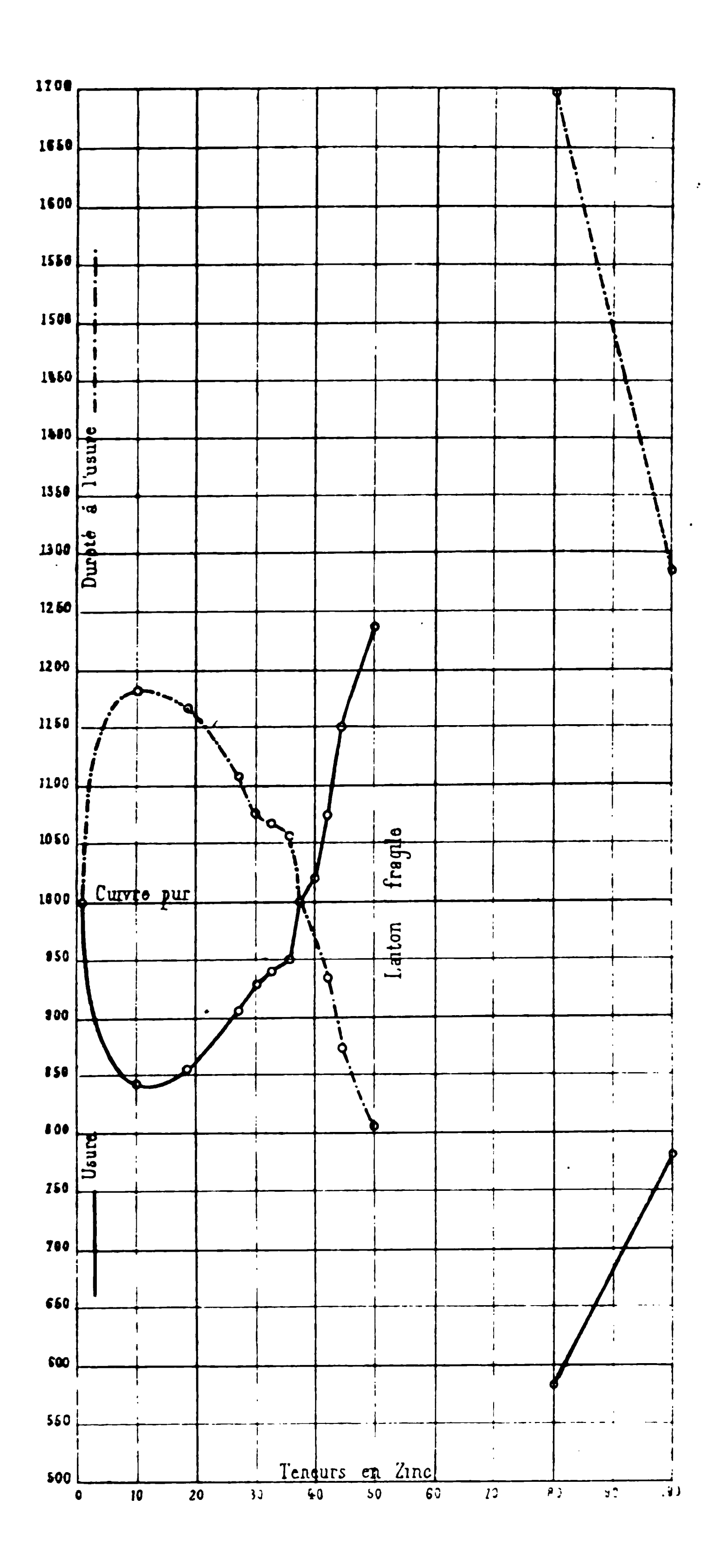
On voit que la dureté à l'usure a son maximum pour une teneur en zinc voisine de 10 0/0; qu'à partir de là elle décroît, reste à peu près constante pour les alliages ayant une teneur voisine de 32 à 35 0/0, puis diminue rapidement jusqu'aux alliages à 50 0/0 de zinc, à partir desquels la fragilité devient considérable.

Pour l'alliage à 80 0/0 de zinc, la dureté à l'usure est très grande et quoique plus faible elle est encore assez élevée pour le zinc (2).

Comparons ces résultats avec ceux obtenus pour la dureté à la pénétration et la dureté à la rayure.

(1) R. H. Thurston. *Traité du cuivre, des bronzes et autres alliages*, New-York, 1893.

(2) Nous avons examiné du zinc dit zinc pur pour laboratoire, que nous avions refondu dans le vide. Sa dureté à l'usure est plus petite que celle du zinc dont il est question plus haut et qui contient 4 0/00 d'impuretés.



Durété à l'usure
Usure
Cuivre pur
Laiton fragile
Teneurs en Zinc
1700
1650
1600
1550
1500
1450
1400
1350
1300
1250
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
850
800
750
700
650
600
550
500
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100

Dureté à la pénétration. — Des expériences sur la dureté à la pénétration des laitons ont été faites autrefois par Mallet et, par Crace Calvert et Johnson.

De deux séries de déterminations sur la résistance à la pénétration statique de ses divers alliages, M. Charpy a conclu que la « résistance à la pénétration augmente avec la teneur en zinc, lentement d'abord puis rapidement lorsque la proportion du zinc dépasse 30 0/0. On n'observe pas de maximum jusqu'à l'alliage à 50 0/0, après quoi les expériences ne sont plus possibles, les métaux étant trop brisants ».

Il y a donc entre la dureté à l'usure et la dureté à la pénétration les différences suivantes :

1° Pour les alliages de 0 à 30 0/0 environ de zinc, la dureté à la pénétration varie peu, tandis que la dureté à l'usure présente des différences marquées et passe par un maximum;

2° Pour les alliages de 30 à 50 0/0 de zinc environ, la dureté à la pénétration augmente avec la teneur en zinc; au contraire, la dureté à l'usure diminue.

Dureté à la rayure. — Dans un ouvrage récent (1), M. Behrens dit que : « La dureté des alliages de cuivre et de zinc qui, jusqu'à 50 0/0 de zinc restait presque sans changement, augmente rapidement entre 50 et 60 0/0 de zinc... La dureté la plus grande semble appartenir à l'alliage $CuZn^2$, 67 0/0 de zinc. »

D'après cela, dans tout l'intervalle compris entre 0 et 50 0/0 de zinc, au lieu de présenter des variations notables comme les duretés à la pénétration et à l'usure, la dureté à la rayure varie peu. Au delà de 50 0/0, nous avons vu qu'il était impossible d'apprécier les deux premières propriétés, les alliages devenant trop fragiles.

Remarque sur la dureté. — Nous croyons devoir citer encore quelques lignes relatives à la dureté du laiton. Nous les emprun-à M. A. Guettier (2) : « l'alliage par parties égales Cu 50, Zn 50 nous a donné en apparence, c'est-à-dire à l'examen de la texture et du poli après la lime, les caractères d'un bronze à partie d'étain... Si à l'examen des qualités extérieures cet alliage joue le bronze, il est facile de reconnaître qu'il manque *de dureté*, de cohésion... »

(1) Behrens. *La structure microscopique des métaux et des alliages*. Leipzig, 1891.
(2) A. Guettier. *La Fonderie en France*. 1882, t. III.

On voit quelles différences entre ces conclusions et celles de M. Behrens à propos de la dureté !

Ce n'est pas ici la place de discuter les définitions de la dureté; nous croyons seulement devoir insister sur ce que : 1° les résistances à la pénétration, à la rayure et à l'usure ne varient pas de la même façon; 2° il est indispensable de préciser quand on parle de dureté quel est le sens que l'on attache à ce mot, si c'est celui de résistance à l'une des actions qui viennent d'être citées, ou si c'est, comme souvent pour les aciers, celui du rapport de la charge de rupture à l'allongement, ou si c'en est un autre quelconque.

Points critiques. — La courbe des usures et celle des duretés à l'usure mettent en évidence l'existence d'un point singulier, situé en dehors du tracé continu de chaque courbe, et correspondant à une teneur voisine de 34 0/0. Or, d'une part, dans une étude classique *Sur les laitons et les bronzes*, M. Riche (1) a indiqué un maximum pour la densité des laitons ayant cette teneur; d'autre part, M. Charpy a établi, par ses études micrographiques, que quand la proportion de zinc dépasse 34 0/0 la structure du métal change (2). Il y a donc concordance sur l'existence de ce premier point critique, correspondant à l'alliage Cu^2Zn.

Il existe un second point critique correspondant à l'alliage $CuZn^2$ (67,3 0/0 de zinc); c'est un composé défini que M. Le Châtelier a pu isoler (3). Malheureusement, la fragilité des alliages contenant plus de 60 0/0 de zinc a empêché de tailler des éprouvettes pour les essayer à l'usomètre.

Bronzes.

Nous nous sommes proposé d'examiner s'il y a une relation entre l'usure telle que nous la déterminons avec l'usomètre et celle qui se produit, en pratique, sur des surfaces frottantes. Il fallait donc avoir des échantillons dont la valeur en service ait été exactement déterminée.

Avec une bienveillance dont nous sommes heureux de pouvoir le remercier ici, notre ancien Président, M. du Bousquet, nous a donné entrée dans les ateliers du chemin de fer du Nord; nous y

1. Riche. *Annales de Physique et de Chimie*, 1873.
2. Charpy. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 16 mars 1896.
3. Le Châtelier. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 16 avril 1895.

avons trouvé le meilleur accueil auprès de nos Collègues MM. Keromnès et Pulin qui nous ont signalé les bronzes de tiroirs de locomotives comme remplissant les conditions que nous demandions.

Les modes d'usure à l'usomètre et en service sont très différents, à des points de vue multiples, tels que la nature des surfaces, le mode de frottement, la vitesse relative de déplacement, la pression par unité de surface, le milieu extérieur, la température. Il est donc évident, *à priori*, qu'on ne peut pas trouver de proportionnalité entre les usures produites dans les deux cas; mais il semble cependant naturel qu'il y ait une relation. L'expérience l'a confirmé, ainsi qu'on va le voir.

Nous avons d'abord pris au hasard dans une collection nombreuse cinq échantillons de bronzes de compositions diverses. Les tiroirs d'où ils provenaient avaient été montés sur deux types de machines : les unes à deux, les autres à trois essieux couplés.

Il est évident que les comparaisons ne sont possibles que pour des organes ayant fonctionné dans les mêmes conditions et qu'il faut, par suite, séparer les échantillons en deux catégories, suivant les types de machines auxquelles ils ont appartenu.

Le tableau suivant met en regard les parcours et les usures obtenues, en prenant pour métal type le cuivre rouge et en représentant son usure par le nombre 1 000 (1).

Machines à deux essieux couplés.

Numéros des échantillons.	Parcours en kilomètres.	Usure à l'usomètre.
I	22 437	900
II	28 450	885
III	48 593	876
Machines à trois essieux couplés.		
IV	17 076	927
V	26 251	817

(1) Voici quelles étaient les compositions de ces bronzes :

	I	II	III	IV	V
Cuivre	81,5	Bronzes phosphoreux.	85,0	81,2	89,5
Étain	11,0		13,3	11,5	6,6
Plomb	5,0		1,4	4,6	1,2
Zinc	2,20		0,2	2,5	2,5
Arsenic	0,25		0,1	0,2	0,2



Ces premiers résultats permettaient de conclure que les bronzes qui ont fait les plus longs parcours se sont montrés les plus durs à l'usomètre.

Nous avons entrepris une nouvelle série de recherches sur d'autres échantillons de bronzes provenant de tiroirs de locomotives, sur lesquels M. Delebecque, Ingénieur des ateliers d'Hellemmes avait réuni des renseignements très précis tant au point de vue du parcours que de l'usure en service. Ceci nous a permis d'obtenir ce que l'on peut appeler l'usure kilométrique, c'est-à-dire le quotient de l'usure par le nombre de kilomètres parcourus par la machine. On pourrait calculer l'usure correspondant au parcours même du tiroir, car les albums de la Compagnie renferment tous les renseignements nécessaires tels que diamètre des roues et course du tiroir. Mais comme nous n'établissons de comparaison qu'entre des machines de même type, nous avons cru inutile de faire figurer les nombres provenant de ces calculs, qui deviendraient nécessaires au cas, par exemple, où l'on aurait affaire à des machines ayant un même nombre d'essieux couplés, mais ayant des roues de diamètres différents.

Nous avons obtenu des résultats qui sont résumés par ce tableau :

Numéros des échantillons.	Parcours en kilomètres.	Usure en service en *mm*	Usure kilométrique 1 *mm* pour 10.000 *km*.	Usure à l'usomètre.
		Machines à deux essieux couplés.		
1	93 000	8	0,8	880
2	60 000	8	1,3	969
3	60 000	10	1,6	969
		Machines à trois essieux couplés.		
4	124 000	12	1,0	855
5	124 000	14	1,1	892
6	91 000	11	1,2	912
7	70 000	13	1,8	962
8	58 000	20	3,4	966
		Machines à quatre essieux couplés.		
9	58 000	20	3,4	966
10	46 000	21,5	4,6	976
11	30 000	18	6,0	927
12	30 000	20	6,6	927
13	21 000	25	11,9	927

On voit donc que :

1° Pour les machines à deux essieux couplés, les usures kilométrique et usométrique varient *dans le même sens*, avec une anomalie pour les numéros 2 et 3.

2° Pour les machines à trois essieux couplés, il y a concordance tout à fait nette.

3° Pour les machines à quatre essieux couplés les numéros 9 et 10 donnent des résultats concordants ; au contraire les numéros 11, 12 et 13 qui correspondent à de très mauvais parcours se sont montrés résistants à l'usomètre. Ce fait peut facilement s'expliquer. En effet, les machines à quatre essieux couplés sont, par suite des nécessités du service, soumises à une surveillance moins suivie que les autres ; de plus elles fonctionnent à la descente des rampes à régulateur fermé et l'on sait les inconvénients qui peuvent en résulter : rentrée de gaz chauds venus du foyer qui brûlent les graisses et entraînent des cendres de la boîte à fumée.

4° Les résistances à l'usomètre varient dans des limites qui ne sont pas très écartées et cela se conçoit puisque tous ces bronzes ont été fabriqués suivant une même formule (1)

Les écarts proviennent donc sans doute des modes de fusion et de coulée.

5° En résumé nous croyons pouvoir conclure de ce qui précède, que l'usomètre permet :

A. De déterminer le bronze qui mis en service dans de mêmes conditions que d'autres, réalisera le plus grand parcours.

B. De reconnaître si le mauvais service fait par un tiroir provient de la nature du métal employé, ou, au contraire, doit être attribué soit à un défaut de montage, soit à un manque de soin de la part du mécanicien.

(1) La composition de ces bronzes était la suivante :

Cuivre	77,85
Étain	11,00
Zinc	7,65
Phosphure de cuivre à 9 0/0 de Ph.	3,50
	100,00



LA
NAVIGATION SOUS-MARINE

PAR

M. G.-L. PESCE

DENSITÉ SPÉCIFIQUE — STABILITÉ D'IMMERSION — STABILITÉ DE ROUTE
FORME — PROPULSION — DIRECTION — ORIENTATION
HABITABILITÉ — SÉCURITÉ — ARMEMENT — HISTORIQUE

Il y a déjà longtemps qu'un illustre Ingénieur des constructions navales, dont l'esprit, de large envergure et d'une remarquable lucidité, était ouvert à toute idée de progrès et s'était appliqué avec ardeur à l'étude de tout problème nouveau, Dupuy de Lôme, a assimilé la navigation sous-marine à la navigation aérienne. L'observation est d'une justesse absolue car la similitude en est complète.

En effet, dans l'un et l'autre cas, qu'il s'agisse d'aérostation ou d'hydrostation, et d'une manière plus générale d'aéronautique, ou d'hydronautique, l'on se trouve en présence d'un flotteur de poids spécifique variable immergé dans un fluide de densité également variable, suivant le niveau, et de la part duquel il reçoit, d'après le principe, ou plutôt la loi d'Archimède, une poussée égale au poids du volume de fluide déplacé.

La différence entre le poids du flotteur et la poussée constitue la force ascensionnelle ou immersionnelle. Si le poids spécifique de la nef flottante, que ce soit dans l'air ou dans l'eau, est supérieur à celui du fluide ambiant, le déplacement se fait dans un sens correspondant à l'action de la pesanteur; si, au contraire, il est moindre, il se fait en sens contraire. S'ils sont égaux, le flotteur reste stationnaire et l'on obtient, dans ce cas, l'état d'équilibre indifférent de l'aéronef ou de l'hydronef.

Nous appellerons *densité spécifique* le poids spécifique variable dans le cas qui nous occupe.

L'intensité de la puissance ascensionnelle ou immersionnelle croît en raison directe de l'écart existant entre la densité spécifique de la nef et celle du milieu ambiant.

En faisant varier la densité spécifique des nefs flottantes, celles-ci se déplacent verticalement, sous l'effort de leur puissance ascensionnelle ou immersionnelle, s'éloignant de la ligne d'horizon pour y revenir quand on agit en sens inverse : c'est là la méthode des primitifs, des initiateurs de l'hydrostation et de l'aérostation; c'est en aérostation la méthode du ballonnet à air du général Meusnier, méthode reprise en 1870 par Dupuy de Lôme; en hydrostation, c'est la méthode du lest d'eau.

Il n'y aurait plus eu qu'à vouloir utiliser les courants aériens ou sous-marins, comme moyen de locomotion, pour assimiler l'aérostation et l'hydrostation à l'antique navigation à voile.

D'autres inventeurs, venus ensuite, plus audacieux et en cela novateurs hardis, ont demandé à la puissance mécanique la solution du problème : ce sont les partisans de la locomotion mécanique sur terre et sur l'eau, dans l'air et dans l'eau; ce sont les inventeurs des chemins de fer et des automobiles, des bateaux à propulsion mécanique, des ballons dirigeables et des bateaux sous-marins; les créateurs des derniers perfectionnements de l'aéronavigation et de l'hydronavigation.

Stabilité d'immersion.

Le problème le plus important de la navigation sous-marine et le plus délicat à résoudre est, sans contredit, celui de la *stabilité d'immersion*, c'est-à-dire l'immersion à une profondeur déterminée et la permanence à ce niveau d'une manière aussi invariable et durable que possible.

Cette condition est surtout importante à réaliser dans la navigation sous-marine militaire car le but poursuivi est d'abord de se rendre invisible par l'immersion, pour pouvoir s'approcher le plus possible de l'ennemi sans trahir sa présence, ensuite de pouvoir l'atteindre dans ses œuvres vives, c'est-à-dire dans une bande de hauteur relativement restreinte.

L'idée la plus simple et la plus naturelle qui vienne à l'esprit est l'introduction d'un lest d'eau que l'on a à sa portée et qui permet de régler la densité spécifique de l'hydronef, de manière à la rendre égale à celle de la tranche d'eau au niveau de laquelle on veut s'arrêter. Le plus difficile n'est pas d'atteindre le niveau voulu mais bien de s'y maintenir d'une manière invariable.

Ne pouvant exécuter cette opération avec la précision automatique et instinctive des poissons qui remplissent ou vident leurs vessies natatoires, juste au degré voulu, il faut, par une succession de déplacements alternatifs, d'oscillations tantôt ascensionnelles et tantôt immersionnelles, s'approcher de cette position limite d'équilibre à l'instar du fléau d'une balance pendant une pesée. Une quantité infinitésimale dans la variation de la densité spécifique détermine immédiatement un déplacement vertical assez considérable. Cette excessive sensibilité est voisine de l'affolement.

Ni le Dr Payerne, dans son *Hydrostat*, ni MM. Bourgois et Brun, dans leur *Plongeur*, n'ont pu complètement réussir à obtenir cet équilibre parfait malgré leurs pistons hydrostatiques d'immersion et si M. Goubet y parvient d'une manière assez satisfaisante c'est, non sans peine, et grâce à son ingénieux régulateur électrique automatique dans lequel il a appliqué le principe si fécond de l'asservissement des moteurs, mis en pratique par M. Joseph Farcot, dès 1868.

« Sans l'emploi de servo-moteurs, a dit M. Ledieu, mécanicien de la Marine, dans une communication faite, il y a une dizaine d'années, à l'Académie des Sciences, il n'y a pas de stabilité d'immersion possible; c'est là un point dont l'importance a longtemps échappé aux inventeurs des bateaux sous-marins. Il faut que les divers organes qui concourent à la stabilité d'immersion soient asservis de façon à suivre docilement les mouvements de la main qui les commande. »

De tous les inventeurs récents, seuls, à notre connaissance, MM. Campbell et Ash ont cherché à obtenir la variation de la densité spécifique par la variation de volume. C'est là un procédé qui n'a pas eu d'imitateurs, parce qu'il entraîne des complications mécaniques. Aussi la plupart des inventeurs ont-ils utilisé l'introduction de l'eau et son expulsion.

Au lieu de cette simple introduction de lest, nous pensons, comme nombre de constructeurs, parmi lesquels il faut citer au premier rang M. Nordenfelt, qu'il est préférable d'avoir un excès de flottabilité et de le vaincre par un moyen mécanique tel que l'emploi d'hélices à axe vertical.

Bushnell avait le premier, en 1773, conçu et appliqué ce mode complémentaire d'immersion et d'émersion. Depuis lors, d'heureuses applications en ont été faites par M. Nordenfelt en 1885 et plus tard par M. Waddington, en Angleterre, en 1887 et par M. Baker, aux États-Unis, en 1892. Ce dernier, en rendant ses deux

hélices latérales mobiles dans tous les sens, pouvait, en outre, se diriger dans toutes les directions.

« Sans flottabilité ou avec une flottabilité insignifiante, disent le commandant Z... et H. Montéchant, dans leur remarquable étude sur *les Guerres navales de demain*, le sous-marin immergé, se trouve dans une position d'équilibre indifférent, la moindre variation dans les forces en jeu, le conduit à changer d'assiette et à prendre des inclinaisons souvent dangereuses. C'est qu'aucune force ne contribue à le maintenir dans sa position normale.

Au contraire, avec de la flottabilité et au moyen de l'hélice à axe vertical, dès que l'assiette du bateau change, les actions de la flottabilité et de l'hélice tendent toutes deux à la rétablir.

La position d'équilibre n'est acquise que si ces deux actions sont exactement dans le prolongement l'une de l'autre et de même grandeur. Or, elles ne se trouvent en pareille situation que le sous-marin *droit*. La stabilité d'un sous-marin dépend donc de la grandeur de sa flottabilité et aussi de la distance séparant son centre de gravité de son centre de carène. Ceux-ci doivent se trouver sur une même verticale et le plus possible espacés. Il en résulte que la tourelle d'observation devra se trouver exactement au-dessus. »

Stabilité de route.

En marche, le problème se complique un peu et la *stabilité de route* est encore plus difficile à obtenir. Sous l'action du déplacement horizontal du sous-marin, les oscillations verticales déterminant l'équilibre d'immersion, se transforment en un mouvement ondulatoire longitudinal qui ne peut être rectifié ou tout au moins corrigé efficacement qu'à l'aide de gouvernails compensateurs horizontaux.

Ce procédé, appliqué d'abord d'une manière rudimentaire par les frères Coëssin en 1809 et préconisé par Montgéry en 1823, a reçu, depuis, de très nombreuses applications. Il ne peut servir néanmoins à l'immersion que lorsque le bateau est en marche. Ni M. Nordenfelt ni M. Goubet n'en sont pas partisans à cause des graves perturbations qu'entraîne une inclinaison trop exagérée du bateau.

M. Drzewiecki se sert du déplacement d'un poids curseur longitudinal pour obtenir l'inclinaison de son bateau.

Forme.

La forme de cigare semble être celle qui répond le mieux au but pour la navigation militaire. Quelques constructeurs, pour donner plus de stabilité, ont ajouté des appendices latéraux horizontaux et d'autres verticaux semblables à des nageoires ou à des ailerons.

Nous pensons, cependant, qu'au lieu d'avoir comme section transversale un cercle, il serait préférable d'adopter une section elliptique, amincie en haut et en bas, en se rapprochant le plus possible de la forme des poissons qui est la plus favorable au déplacement horizontal aussi bien qu'aux mouvements d'immersion et d'émersion. On peut, de la sorte, obtenir plus facilement la pénétration dans l'eau tout en donnant au bateau une plus grande stabilité par suite de l'éloignement du centre de gravité du centre de carène. Telles sont les formes des poissons à marche rapide de toutes les profondeurs pélagiques ainsi qu'on peut en juger par les spécimens recueillis par le *Travailleur* et le *Talisman* et dont nous projetterons sous vos yeux les images de quelques variétés telles que le *Pristiurus atlanticus*, pêché à 540 *m* de profondeur, le *Bathypteroïs dubius*, pêché de 834 à 1 917 *m* et différents *Centroscymnus* et *Centrophorus*, pêchés à des profondeurs variant de 1 230 à 1 850 *m*.

De même en aéronautique les formes les plus rationnelles auxquelles on soit arrivé sont celles fusiformes ainsi que vous pourrez le constater par les projections successives des aérostats dirigeables de Giffard, en 1852, de Dupuy de Lôme, en 1872, des frères Tissandier, en 1882, et surtout de MM. Renard et Krebs vers la même époque. Ce dernier est dissymétrique.

Les hydronautes qui s'en sont le plus approchés ont été MM. Campbell et Ash, en 1884, Nordenfelt, en 1885, et Degli Abbati, en 1892.

Au lieu d'ailerons horizontaux fixes, qui ne se rencontrent guère chez les poissons, nous préférerions voir ces ailerons placés dans le plan vertical longitudinal à l'instar des nageoires dorsales et ventrales des poissons. Nous exceptons, bien entendu, les gouvernails d'immersion lesquels, du reste, quand ils ne doivent pas agir peuvent se replier ou rentrer dans les flancs du bateau.

Pour d'autres besoins que la marine de guerre, pour les explorations et les pêches sous-marines, par exemple, qui nécessitent des immersions à grandes profondeurs, la forme sphérique adoptée par Balsamello, en 1889, nous semble plus recommandable.

Propulsion.

Pour bien des spécialistes le torpilleur sous-marin n'a pas besoin d'être autonome et de faire de longs trajets, sa destination étant plutôt la défense des côtes et des ports que les attaques en pleine mer et les voyages lointains. Une durée de séjour sous l'eau de six à huit heures semble être plus que suffisante.

Sa puissance motrice doit être surtout empruntée à un élément facile à emmagasiner et à manier tel que l'air comprimé, l'électricité, etc., qui ne vicient pas l'air respirable contenu dans le bateau.

Toutefois, M. Nordenfeldt, ayant eu en vue la construction d'un bateau autonome pouvant faire de longs trajets, n'a voulu recourir qu'aux moteurs à vapeur, dont l'alimentation en eau et en charbon peut se faire n'importe où l'on se trouve, tandis qu'il redoutait l'emploi de l'électricité comme étant un élément trop capricieux et trop difficile à se procurer. Ce qui pouvait, à la rigueur, être vrai en 1885 ne l'est guère plus aujourd'hui où, grâce aux très grands et très réels progrès faits en électricité, on dispose d'un très précieux auxiliaire qui n'a certainement pas encore atteint son dernier degré de perfection et n'a pas encore donné tout ce que l'on peut attendre de lui. Aussi voyons-nous, depuis dix ans, la plupart des sous-marins emprunter à cet agent leur puissance motrice, aussi bien pour la navigation à la surface que sous l'eau. Toutefois, ces bateaux sont frappés d'infériorité au double point de vue de la durée de la puissance motrice et de la facilité de son renouvellement.

Un système mixte consistant à avoir une double puissance motrice : l'une destinée à la navigation à la surface et l'autre à la navigation sous-marine, a prévalu, et nous voyons les derniers modèles perfectionnés de ces bateaux amphibies, répondre complètement à la dualité de leur existence.

Tels sont les derniers modèles du lieutenant Hovgaard et de M. Holland qui marchent tous deux à la vapeur sur l'eau et électriquement sous l'eau.

Les auteurs des *Guerre navales de demain* proposent l'emploi d'un moteur à pétrole sur l'eau et d'un moteur électrique sous l'eau.

« L'huile, qui n'est pas une essence, se volatiliserait dans une toute petite chaudière chauffée, à la mise en marche du moteur,

d'abord par une lampe, puis par les gaz d'échappement. Les vapeurs de pétrole seraient aspirées indirectement par le piston.

Pour éviter des emballements de machine quand le torpilleur sous-marin naviguerait à la surface, nous prendrions les dispositions suivantes :

1° Usage d'une hélice de *très grand diamètre*. Des expériences anglaises ont prouvé que l'utilisation était excellente d'une hélice dont près d'un tiers de l'aile déborde.

2° Aspiration indirecte des vapeurs de pétrole ; celles-ci n'arriveraient au cylindre que par l'intermédiaire d'un régulateur : turbo-moteur ou autre.

Enfin, devant la nécessité de ne pas être découvert, pendant la navigation sous-marine, nous adjoindrions au moteur à pétrole, un moteur électrique auxiliaire destiné à ne fonctionner que dans certains cas particuliers. Ce moteur électrique prendrait sa force à des accumulateurs chargés par la machine même du bateau quand il marche émergé. La machine Gramme, installée sur l'arbre principal, servirait, au besoin, de frein pour la marche à la surface. »

Un Ingénieur de la marine italienne, M. Giulio Martinez, dans un mémoire publié en 1894 par la *Rivista Marittima*, a proposé également l'emploi de moteurs à pétrole accouplés à des moteurs électriques, ces derniers étant placés entre les premiers et les hélices de manière à pouvoir désembrayer, à volonté, ces moteurs pendant la navigation à la surface en utilisant les induits des dynamos comme volants des moteurs à pétrole. On pourrait même se servir, dit M. Martinez, des moteurs électriques comme aide pour la mise en marche rapide des moteurs à pétrole. On se servirait également des moteurs électriques pour la marche en arrière pour laquelle les moteurs à pétrole ne peuvent être utilisés.

Enfin, pendant la navigation à la surface, à vitesse réduite, ou pendant les haltes, on pourrait recharger les accumulateurs en actionnant les réceptrices utilisées comme dynamos.

D'autres, comme M. Baron de Montpellier, ont proposé l'emploi d'un moteur à air carburé pour la double navigation sur l'eau et sous l'eau. C'est un dérivé du moteur à gaz. Il aspire automatiquement dans le poste de l'équipage, l'air qui doit traverser le carburateur avant d'aller au cylindre et l'air qui viendra se mélanger avec celui-ci pour former le mélange détonant.

C'est également la méthode proposée par M. Schwahn. « La

carburation se fait à l'aide de l'essence de pétrole disent les auteurs des *Guerres navales de demain.*

L'explosion du mélange dans le cylindre est déterminée par une étincelle électrique, donnée par le courant d'une petite pile et réglée par la machine elle-même. Avec ce système plus de chaudières lourdes et encombrantes, plus de foyers à éteindre quand on veut plonger, plus de feux à rallumer quand on revient à la surface : la machine fonctionne partout et toujours : le sous-marin est réellement autonome. »

Direction.

L'emploi du gouvernail ordinaire est ce qui est le plus généralement adopté. Quelques inventeurs cependant comme MM. Ræber, Goubet et Baker, ont préféré recourir à l'hélice mobile, appliquée déjà dès 1800, par Shorter.

M. Drzewiecki, au contraire, a renoncé à s'en servir, à la suite de ses premiers essais.

Orientation.

Nous abordons, avec l'orientation, l'un des points les plus délicats de la navigation sous-marine. En effet, il est un fait avéré, qu'une fois immergé, le bateau sous-marin devient complètement aveugle, car, dans l'état actuel de la question, il ne peut plus voir ni reconnaître sa direction. Il est obligé, pour se diriger, de remonter de temps à autre à la surface, pour repérer sa position.

On a bien cherché à lui donner la vision indirecte à l'aide d'un tube optique ; mais l'emploi de cet appareil est presque illusoire, car il ne peut servir que jusqu'à une faible profondeur d'immersion et encore peut-il trahir la présence du sous-marin bien que ses dimensions ne dépassent pas celles d'un bras sortant de l'eau avec le poing fermé.

Le tube optique ayant son champ visuel assez restreint on a eu recours au *périscope*, appareil imaginé, dès 1872, par le major Daudenart, de l'État-Major belge. Cet appareil, bien que plus perfectionné que le tube optique simple, présente toutefois l'inconvénient d'être encore plus encombrant et d'un emploi limité toujours à une faible profondeur.

Le major Daudenart a également préconisé l'emploi de la pho-

tographie pour pouvoir prendre des vues panoramiques instantanées. Il est incontestable que si, grâce à un appareil à mouvement d'éclipse, analogue à celui des tourelles blindées, on pouvait prendre des vues panoramiques instantanées, on aurait un auxiliaire précieux pour les reconnaissances topographiques d'un mouillage ou d'un port fortifié.

On s'est également servi du *gyroscope*, inventé par Foucault, en 1865 et réalisé pratiquement par M. Trouvé, qui est parvenu il y a une dizaine d'années, grâce à une ingénieuse disposition électrique, à obtenir un appareil très précis et sûr permettant de rectifier les compas de marine.

On sait, en effet, que la position de l'axe de rotation du gyroscope est absolument invariable dans l'espace, et si l'on a eu soin de l'orienter dans une direction connue, celle-ci devient une ligne de repère sur laquelle on règle la marche du bateau une fois celui-ci immergé.

Malgré toute son ingéniosité et les services que cet appareil peut rendre, il présente, néanmoins, un grave inconvénient dû à l'influence perturbatrice des courants électriques émanés de la source électrique même du bateau. On a dû y renoncer dans les sous-marins électriques et recourir au procédé simple, mais barbare, de remonter de temps à autre à la surface pour repérer sa position et rectifier sa route.

Habitabilité.

L'habitabilité est d'autant plus facile à réaliser que le sous-marin est plus grand. Dans nombre de modèles le cube d'air contenu dans le bateau suffit aux besoins de l'équipage pendant la période d'immersion, généralement courte. Toutefois il est toujours facile d'emporter une certaine provision d'air et d'oxygène, comprimés dans des récipients *ad hoc*.

On peut également, comme le font quelques inventeurs, purifier l'air par des produits chimiques ; mais il est préférable d'expulser l'air vicié le plus souvent possible et de le remplacer par de l'air pur.

Sécurité.

La plupart des sous-marins, outre un excès de flottabilité, possèdent également la faculté de se débarrasser par un simple déclenchement, d'un poids dit de sécurité, situé sous leur quille et

qu'ils abandonnent définitivement au fond de l'eau, pour échapper à un péril imminent qui les menace et surgir immédiatement à la surface.

D'autres comme MM. Nordenfelt, Waddington, Hovgaard, etc., préfèrent obtenir l'émersion par le simple arrêt des hélices horizontales qui servent à l'immersion. L'excès permanent d'un potentiel de flottaison ramène fatalement à la surface.

Armement.

L'armement des torpilleurs sous-marins se compose généralement de tubes ou carcasses lance-torpilles pour lancer des torpilles automobiles à direction horizontale.

Nous ne nous expliquons pas bien la tendance générale des constructeurs de torpilleurs sous-marins à vouloir quand même frapper les cuirassés aux flancs, c'est-à-dire dans une partie plus facile à protéger et à défendre, au lieu de les attaquer en-dessous avec des torpilles spéciales, jumelées et à déplacement vertical.

Il y aurait encore bien des choses à dire sur la navigation sous-marine et sur ses nombreuses applications scientifiques et industrielles, mais le temps nous étant mesuré nous passerons immédiatement à l'exposé sommaire de quelques-uns des principaux bateaux sous-marins, la liste en étant trop longue pour que nous puissions vous les détailler tous. Nous verrons pour chacun des cas particuliers comment ont été résolus les différents problèmes dont nous avons formulé, à grands traits, les termes généraux et quelles ont été les dispositions de principe adoptées par les différents inventeurs.

Nous verrons surtout combien il a fallu de temps et de persévérants efforts — efforts souvent mal appliqués, par ignorance ou par suite du manque d'éléments d'étude — pour arriver au point où en est la navigation sous-marine... qui en est encore à peine à l'adolescence.

On pourrait presque dire d'elle ce que disait Franklin du ballon au lendemain des premières expériences : « C'est l'enfant qui vient de naître. »

HISTORIQUE

L'art de la navigation sous-aquatique n'est point entièrement d'invention moderne, comme on serait tenté de le croire. — Les premières tentatives qui nous soient connues remontent, en effet, à une très haute antiquité.

Alexandre-le-Grand s'est servi, dit-on, d'une machine avec laquelle on marchait sous l'eau. Très certainement ce devait être une de ces cloches à plongeur employées au siège de Tyr en 332 av. J.-C. et dont Aristote donne la description dans ses *Problèmes* sous le nom de λεβητα.

Nous croyons intéressant de rappeler, en passant, que c'est peu après, en 305 av. J.-C., au siège de Rhodes par Démétrius dit le Poliorcète — nom mal justifié en la circonstance — que firent leur première apparition les navires en fer, connus sous le nom de *tortues de mer*, parce que ces embarcations étaient recouvertes d'une carapace formée de lames de fer destinées à les mettre à l'abri de l'incendie.

Philon, vers la même époque, prescrivait de construire toutes les machines d'approche en fer ou en airain. Il parle aussi d'un navire colossal, construit à Syracuse, qui, malgré sa lourde armature de fer, arriva sans encombre jusqu'à Alexandrie.

Bohaddin, auteur arabe du XIIe siècle, nous raconte qu'un plongeur de sa nation portait, à l'aide de machines qu'il appelle *soufflets*, des lettres et de grandes sommes d'or dans la ville de Ptolemaïs, assiégée par les Croisés.

Bien que ces premières et hardies tentatives remontent si loin, il nous a fallu attendre plus de vingt siècles pour arriver au point où nous en sommes, tant est grande, de tout temps, la routine qui entrave continuellement l'esprit de progrès !

Quoi qu'il en soit, ce n'est guère que vers le XVIe siècle que s'effectuent les premières tentatives de navigation sous-marine au moyen de véhicules entièrement clos.

Après avoir cité des expériences célèbres faites avec la cloche à plongeur, en 1538, à Tolède, en présence de Charles-Quint, François Bacon de Vérulam ajoute : « Nous avons ouï dire qu'on avait

inventé une autre machine, en forme de petit navire, à l'aide de laquelle des hommes pouvaient parcourir sous l'eau un assez grand espace ».

Vers la fin du xvie siècle, William Bourne reprend à nouveau le projet de construction d'un appareil destiné à la navigation sous-marine et, en 1604, Magnus Pegelius décrit également, d'une manière obscure, diverses machines à plonger et un navire sous-marin. Le problème, comme on peut le voir, hantait déjà l'esprit des chercheurs.

Cornélius Van Drebbel (1620).

Vers 1620, le célèbre physicien et mécanicien hollandais, Cornélius Van Drebbel, d'Alckmaer, construisit, à Londres, un bateau sous-marin pouvant contenir douze rameurs et quelques passagers. La chronique dit que le roi d'Angleterre, Jacques Ier, protecteur de Van Drebbel, y prit place.

Van Drebbel employait un liquide permettant de régénérer l'air vicié en le débarrassant des impuretés produites par la respiration et auquel il donna le nom de *Quintessence de l'air*. On ne sait pas autre chose de son bateau qu'il cachait très soigneusement et qui semble être le premier sous-marin vraiment authentique. Il n'eut pas le temps de perfectionner son invention et mourut, en 1634, en emportant son secret dans la tombe.

P. Mersenne (1634).

A cette même époque, un ancien condisciple de Descartes, le P. Mersenne, religieux de l'Ordre des Minimes, s'adonna à l'étude de cette question. Le P. Mersenne jouissait d'une autorité non contestée dans le monde scientifique; il entretenait des relations suivies avec Fermat, Gassendi, Pascal et Galilée.

En 1634, il posa plusieurs principes relatifs à la navigation sous-marine. Quelques idées inapplicables se glissent parmi les propositions justes qui font partie de son exposé. Il faut surtout accuser son époque; on n'avait pas encore nettement dégagé les principes qui forment la base des sciences modernes : c'était la période des tâtonnements.

Tout d'abord le P. Mersenne est frappé du volume considérable occupé par le bateau de Van Drebbel, et il propose d'employer à la construction de la coque soit le cuivre, soit tout autre métal

En second lieu, prenant exemple sur la nature, il trouve que la forme d'un poisson serait la plus logique et la plus convenable pour un navire, en l'espèce, en donnant toutefois aux deux extrémités du bateau la même forme fuselée, afin de pouvoir marcher indifféremment, en avant ou en arrière, sans virer de bord.

Remarquons ici que la forme préconisée par l'auteur a prévalu définitivement, en ce qui concerne les torpilles automobiles et dirigeables, ainsi que les derniers bateaux sous-marins qui, tous, ou presque tous, affectent la forme d'un cigare.

Il recommande plusieurs écoutilles superposées ou de grands sacs en cuir munis de robinets qui permettent d'introduire ou de faire sortir des hommes et des matériaux quoique le navire demeure plongé sous l'eau. C'est absolument le principe des sas à air et la méthode des éclusées.

Afin de maintenir la communication avec l'atmosphère, l'auteur conseille l'adoption de tuyaux de cuir souple à extrémité flottante. Cette disposition, par contre, est absolument défectueuse, à moins que le bateau n'ait qu'une vitesse très réduite et qu'il ne dépasse jamais un maximum de profondeur.

Comme système d'éclairage, il recommande l'application de corps phosphorescents et, comme propulsion, il conseille des roues et un procédé très simple, pour se servir sous l'eau de rames ordinaires, après les avoir garnies de cuir imperméable.

Il propose l'emploi de machines pneumatiques, sortes de ventilateurs, pour agiter et purifier l'atmosphère intérieure, et il affirme que la boussole doit conserver son action entre deux eaux.

Enfin, selon lui, les tempêtes ne peuvent être une cause de danger pour les bateaux sous-marins, le vent n'agitant la mer avec une certaine violence qu'à une petite distance de la surface. Une telle observation a été, depuis, reconnue parfaitement juste. C'est un encouragement aux audacieux qui s'aventureront désormais sous les eaux.

Les contemporains du P. Mersenne, suivant l'usage, demeurèrent sourds à ses théories, mais ses successeurs ne se firent pas faute de lui emprunter plusieurs de ses idées.

Sous-marin de Rotterdam (1653).

En 1653, un ingénieur français construisit, à Rotterdam, un navire ayant 72 pieds de long, 12 de haut et 8 de large. Il était

traversé dans toute sa longueur par un système de poutres très solides dont les extrémités saillantes, et garnies de fer, étaient destinées à remplacer l'éperon des galères et à défoncer les vaisseaux ennemis. La poupe et la proue avaient les mêmes dimensions et formaient chacune une pyramide quadrangulaire.

Le navire ne devait plonger ordinairement que jusqu'à fleur d'eau mais ses parties hautes présentaient un talus blindé, très aplati, afin de faire ricocher tout projectile qui les aurait frappées. Au centre du navire, il y avait une roue garnie d'aubes à charnières qui devaient conserver la position verticale; cette roue agissait entre des cloisons qui eussent empêché l'eau d'entrer dans le bâtiment.

Ce bateau sous-marin ne fut jamais, croyons-nous, essayé sérieusement. Plusieurs savants de cette époque doutaient qu'il pût réussir.

Day, de Yarmouth.

Ultérieurement, un mécanicien de Yarmouth, nommé Day, exécuta un modèle de bateau sous-marin, grâce au concours financier de Blake. Les premiers essais firent concevoir de grandes espérances. Day enfermé dans son bateau, avec l'équipage nécessaire pour le manœuvrer, resta douze heures sous l'eau et revint à la surface sans accident.

Une seconde descente eut lieu : le bateau s'immergea lentement, la mer se referma sur lui et le bateau ne reparut plus.

Toutes les recherches tentées par la frégate *Orpheus*, mouillée dans le voisinage, restèrent infructueuses. Le secret de l'invention avait été si bien gardé que l'on ne connut jamais exactement le mode de construction de ce nouveau bateau. Tout ce que l'on sait, c'est qu'il portait un double fond contenant du lest que l'on pouvait rejeter à un moment donné pour alléger le bâtiment et provoquer un mouvement ascensionnel. Comme dans le modèle de Van Drebbel et dans la plupart de ceux qui suivirent, ce lest était probablement constitué par un volume d'eau supplémentaire que l'on admettait et que l'on rejetait à volonté. L'idée du lest liquide devait venir naturellement à l'esprit des premiers inventeurs.

Borelli (1680).

En 1680 on imprima un ouvrage posthume de Borelli, dans lequel on trouve la description de plusieurs appareils à plonger et

d'un navire sous-marin. Des outres qui communiquaient avec l'eau, sont appliquées à la partie inférieure de ce navire et le font plonger lorsqu'elles se remplissent; elles se vident et font surgir le navire lorsqu'on appuie sur le levier d'une sorte de presse. L'extrémité des rames imite la patte d'oie; elle est garnie de tringles à charnières qui sont recouvertes de cuir et qui s'ouvrent et se ferment dans un sens opposé.

Vers le milieu et à la fin du XVII[e] siècle, il parut des ouvrages dont les auteurs se bornèrent à citer, succinctement et sans aucune addition, quelques-uns des projets et des expériences relatifs aux navires sous-marins. Ce n'est guère qu'à l'époque de l'invention de la machine à vapeur que cette branche de la science nautique a commencé à donner des résultats appréciables.

Une grande occasion vint donner à l'idée de la navigation sous-marine une nouvelle impulsion : c'est la guerre de l'indépendance américaine.

Bushnell (1773).

Le bateau imaginé en 1773, par l'américain David Bushnell, du Connecticut, et essayé en 1776 constitue en réalité le premier type, l'embryon du torpilleur moderne, car il porte en germe tous les éléments qui ont été depuis appliqués avec plus ou moins de succès. Il résume également la plupart des principes énoncés par le P. Mersenne. Ce bateau avait extérieurement la forme de deux carapaces de tortues jointes ensemble hermétiquement. La partie supérieure présentait une petite coupole cylindrique garnie de regards dans toutes les directions et servant à la fois d'entrée et d'observatoire à l'homme chargé de la manœuvre. Une soupape, placée à la partie inférieure et manœuvrée avec le pied, servait à introduire la quantité d'eau nécessaire à l'immersion du bateau à la profondeur voulue. Un manomètre permettait de connaître, à chaque instant, la profondeur à laquelle on se trouvait.

Une vis horizontale, sorte d'hélice, mue avec la main ou le pied, déterminait la marche en avant, si on la tournait dans un sens, et la marche en arrière, si on la tournait en sens contraire. Une seconde vis du même genre était placée verticalement au-dessus du bateau et aidait à régler la profondeur des immersions (D'après le major Daudenart, cette seconde hélice était à 45°, mais nous inclinons à préférer l'assertion de Montgéry).

La direction dans le sens horizontal était donnée au moyen d'un gouvernail. Les montures des instruments, tels que manomètre, baromètre, thermomètre, compas, etc., étaient recouvertes d'une composition phosphorée, rendant possible la lecture des indications lorsqu'on se trouvait sous l'eau, ainsi que le préconisait le P. Mersenne. L'intérieur renfermait deux réservoirs à air qu'un ventilateur permettait de remplir lorsqu'on remontait : ce ventilateur expulsait aussi l'air devenu impur.

Pour enfoncer, l'opérateur mettait le pied sur le levier commandant la soupape inférieure; immédiatement l'eau pénétrait dans le fond du bateau qui descendait graduellement. Pour remonter il suffisait d'expulser cette eau au moyen de pompes. En cas d'accident un mécanisme très simple donnait le moyen de lâcher du lest. Ce lest était constitué par un morceau de plomb fixé sous la carène par un fil d'archal passant dans le bateau au travers d'un tube capillaire. En coupant ce fil, le plomb se trouvait détaché et le bateau remontait alors instantanément à la surface.

Une caisse contenant 150 livres de poudre était fixée momentanément sur la poupe et installée de manière à pouvoir être vissée contre la carène des vaisseaux ennemis.

Enfin deux bras en cuir, à terminaisons digitales et imperméables, permettaient de manœuvrer la torpille habituellement portée et de la fixer aux flancs du navire ennemi.

Comme on peut en juger, le rôle de l'opérateur était fort compliqué à bord d'un semblable bateau. Il était seul pour exécuter la manœuvre du bateau proprement dit, et celle, bien délicate aussi, de la torpille qu'il s'agissait de fixer sous la carène de l'adversaire, en l'y vissant : opération périlleuse et fort problématique.

Il se trouva cependant des hommes intrépides qui n'hésitèrent pas à utiliser ce nouvel engin dans la lutte entreprise par la jeune Amérique pour se débarasser du joug de la métropole anglaise.

D'après le *Silliman's Journal*, le sergent Ezra Lee, montant le bateau de Bushnell, tenta en 1776 de faire sauter, pendant la nuit, le vaisseau anglais de 64 canons l'*Eagle*, mouillé près de Governor's-Island, non loin de New-York. Il put arriver, sans être vu, jusque sous la coque; mais il ne put réussir à fixer la torpille, la vis ayant rencontré une plaque de fer. Ezra Lee s'éloigna un peu pour se dégager, mais il ne put plus retrouver l'*Eagle;* lorsqu'il remonta à la surface de l'eau, le jour commençait à poindre et il

ne jugea pas possible de renouveler sa tentative sous le feu des Anglais qui l'avaient aperçu.

D'autres attaques faites en 1777 contre le *Cerberus*, entre le Connecticut-River et New-London, et contre la flotte anglaise à Philadelphie, échouèrent également par suite de circonstances diverses. C'est alors que David Bushnell imagina des chapelets de boîtes remplies de poudre qu'il laissait aller à la dérive en les abandonnant au courant.

Castera (1796).

En 1796, M. Castera présenta au Gouvernement français le projet d'un bateau sous-marin destiné à détruire les vaisseaux anglais qui s'avançaient sur les côtes de France, La description de ce bateau fut publiée en 1810. « L'auteur, nous dit Montgéry, se montre peu au fait de ce qu'on avait déjà proposé, ou essayé. Il présenta comme lui appartenant des idées fort anciennes; celles qui lui appartiennent réellement méritent peu qu'on en fasse mention. »

« Le Nautilus » de Robert Fulton (1797).

Vingt ans environ après les essais de Bushnell, Robert Fulton, le célèbre mécanicien américain, résidant alors en France, imagina et construisit, en 1797, un bateau destiné à se mouvoir sous l'eau et à faire sauter les bâtiments ennemis. Son adoption, disait Fulton, au Gouvernement français, auquel il avait soumis son projet, devait « délivrer la France et le monde entier de l'oppression britannique. »

Mais le Gouvernement français le rejeta comme impraticable.

Pendant le Consulat, Fulton étant parvenu à intéresser le Premier Consul à sa cause, il obtint l'aide nécessaire pour faire construire un modèle de son bateau qu'il appela *Le Nautilus*, du nom d'un mollusque qui lui en avait fait concevoir le projet. Il exécuta au mois de juillet 1801 des expériences intéressantes au Havre, à Rouen et dans la rade de Brest.

Il commença par descendre avec plusieurs personnes à une profondeur de 8 mètres environ (25 pieds) au-dessous de la surface de la mer et resta une heure sans remonter pour renouveler sa provision d'air.

Il compléta peu à peu son bateau en le munissant d'une roue

pour le faire avancer sous l'eau, tandis qu'il employait des mâts et des voiles pour la marche à la surface, ces accessoires disparaissant rapidement au moment de plonger.

Une chambre cubique en cuivre, dans laquelle il comprimait de l'air, servait de réservoir pour remplacer l'air absorbé par l'équipage au bout d'un certain temps.

Dans une de ses expériences, Fulton resta sous l'eau quatre heures et demie, sans éprouver le moindre malaise. Au mois d'août 1801, il vint placer, avec le *Nautilus*, une torpille sous un petit bâtiment et le fit sauter sans difficultés.

Le *Nautilus* pouvait recevoir huit hommes d'équipage et leurs provisions pour vingt jours. Il était assez solidement construit pour descendre à une centaine de pieds au-dessous de la surface de la mer, si cela était nécessaire; ses réservoirs à air étaient suffisants pour permettre à son équipage de rester sous l'eau pendant huit heures. Les mâts à charnière, au nombre de deux, s'abattaient au moment de plonger.

Malgré les rapports favorables de la commission d'examen composée de Monge, Laplace et Volney et les avantages, signalés par eux, que présentait un semblable bateau, soit pour porter un ordre secret, soit pour secourir un port bloqué, soit pour reconnaître la force et l'emplacement d'une flotte ennemie devant un port, Napoléon Ier hésita et finalement rejeta l'idée que Bonaparte avait accueillie avec enthousiasme.

Hodgman (1800).

Cependant les expériences faites avec le *Nautilus* excitèrent l'émulation des inventeurs.

Un anglais, nommé Hodgman, construisit en 1800, un bateau sous-marin avec lequel il réussit à parcourir environ un quart de mille sous l'eau. Mais on ne possède guère de renseignements sur cette tentative, qui ne paraît pas avoir été renouvelée.

Fulton, découragé par son insuccès en France, se rendit à Londres et, en mai 1804, il exécuta des expériences devant les ministres anglais. William Pitt s'y intéressa très vivement. « Le grand ministre anglais affirmait, nous dit l'amiral Aube dans sa remarquable étude : *La Guerre maritime et les ports militaires de la France*, que si un tel système réussissait il ne pouvait manquer d'annihiler toutes les marines militaires ».

Le comte de Saint-Vincent, premier lord de l'amirauté anglaise

répliquait : « Nous avons la suprématie de la mer, nous appartient-il d'encourager l'adoption d'un instrument de guerre qui peut nous l'enlever? » Il n'avait pas complètement tort et son opinion prévalut.

Fulton, découragé, se résigna à retourner aux États-Unis où ses compatriotes s'empressèrent d'utiliser la plupart de ses inventions sauf toutefois celles qui avaient trait à la navigation sous-marine!

A cette même époque, des imaginations enfiévrées firent éclore de nombreux projets : « Castera, qui a déjà été cité, Brizé-Fradin, d'Aubusson de la Feuillade, publièrent des projets de navires sous-marins; mais on ne trouve dans ces projets, nous dit encore Montgéry, que des idées connues, ou fausses, ou inexécutables et de nature à retarder plutôt qu'à hâter l'établissement de la navigation et de la guerre sous-marines. »

« Le Nautilus » des frères Coëssin (1809).

Bonaparte qui n'avait pas accordé aux inventions de Fulton tout l'encouragement qu'elles méritaient, se souvint d'elles plus tard et, devenu empereur, il s'intéressa aux projets des frères Coëssin, constructeurs au Havre.

Il ordonna la mise en chantier d'un bateau sous-marin qui, appelé également *Nautilus*, fut expérimenté en 1809.

Les frères Coëssin y appliquèrent les idées du P. Mersenne. Nous en donnerons la description d'après Montgéry qui a eu communication des plans du bateau, du procès-verbal des expériences daté du Havre, en septembre 1809, et signé par M. Montagniès-Laroque, commandant du port, et M. Gréhan, Ingénieur, ainsi que du rapport présenté à l'Institut par Monge, Sané, Biot et Carnot, ce dernier étant rapporteur, et daté du 11 avril 1810.

Qu'on se figure un grand tonneau en bois, cerclé en fer, ayant 12 pieds de long et 9 pieds de diamètre. Chaque extrémité est terminée par un cône fabriqué de la même façon. Le tout ne forme extérieurement qu'un seul corps dont la longueur totale est de 27 pieds; mais l'intérieur se trouve naturellement divisé en trois parties par les deux fonds du tonneau. De plus, un plancher horizontal divise le tonneau en deux autres parties; l'une sert de cale, l'autre d'entrepont.

Derrière une écoutille, pratiquée dans la partie supérieure du navire, il y a une espèce de lanterne vitrée, par le moyen de laquelle le pilote cherche à diriger l'embarcation. Mais il ne peut

le faire qu'au-dessus de l'eau; car, lorsqu'on est plongé dans ce fluide, à peine distingue-t-on les objets à la distance de 4 ou 5 pieds; du moins dans le port du Havre, où les eaux sont assez fangeuses.

Auprès de la lanterne s'élèvent deux tuyaux en cuir. Une de leurs extrémités communique avec un ventilateur placé dans l'entrepont; l'autre extrémité est supportée par un flotteur en cuivre, percé de trous, pour laisser entrer et sortir l'air.

Vers l'avant du navire se trouve un mât à charnière; il porte une bôme et une voile triangulaire. Il s'incline horizontalement lorsqu'on veut naviguer sous l'eau.

Une grande quantité de lest, placée dans le fond de la cale, assure la stabilité du nautile. Pour plonger, on laisse entrer de l'eau dans les deux cônes; pour surgir, on y refoule de l'air qui chasse l'eau. Cette opération s'effectue au moyen de deux grands soufflets.

Il y a, sur chaque côté du nautile, deux rames qui passent au travers de trous garnis de poches en cuir. Comme dans le bateau projeté par Borelli, les pales des rames consistaient en deux volets rectangulaires, se fermant dans un sens et s'ouvrant dans l'autre, par la seule résistance du fluide. Il y a aussi, de chaque bord, deux autres rames, plus courtes, dont la pale est fixe et carrée: leurs diverses inclinaisons contribuent, à l'instar des nageoires des poissons, à faire monter ou descendre le navire, lorsqu'il a quelque vitesse dans le sens horizontal, disposition qui a prévalu dans la suite, surtout ces derniers temps. Le gouvernail est un triangle isocèle, dont la base à 6 pieds et demi et les deux autres côtés 5 pieds.

Le mécanisme assez compliqué qui le fait mouvoir est exposé à beaucoup d'avaries, nous dit Montgéry, et ne mérite nullement d'être décrit. Nous regrettons cette rigueur et cette abstention de la part de Montgéry, généralement si impartial, attendu qu'avant de s'occuper de cette construction l'un des frères Coëssin était officier d'artillerie, et l'autre employé à l'administration de la Guerre. Ils devaient donc être bien au courant des derniers progrès de la mécanique et la disposition adoptée par eux pouvait fort bien offrir de sérieuses qualités, qu'une mise au point ultérieure plus soignée eût pu rendre tout à fait pratique.

Cette embarcation n'était pas même pourvue d'une jauge pour faire connaître le nombre de pieds dont on plongeait. Une fois on descendit jusqu'à noyer le flotteur qui, au lieu d'envoyer de

l'air dans l'entrepont, y laissa pénétrer de l'eau. On se hâta d'étrangler les tuyaux en cuir. Ensuite on refoula, tant qu'on le put, de l'air dans les cônes et l'on parvint à surgir. Le nautile avait déjà commencé à s'enfoncer dans la vase et s'il n'eût pas contenu assez d'air pour expulser l'eau, sa perte eut été infaillible.

La méthode de se débarrasser ainsi de l'eau, par le moyen de l'air a le grand défaut d'exiger une communication presque constante avec l'atmosphère. Le flotteur est non seulement exposé à des accidents, mais, de plus, il retarde la marche du navire et, ce qui est pire encore, il sert de signal à l'ennemi et lui procure la faculté de s'emparer du nautile.

Les frères Coëssin s'étaient déterminés à supprimer le flotteur, d'autant plus que les neuf hommes contenus dans le nautile y étaient parfois restés plus d'une heure sans éprouver le besoin de faire agir le ventilateur pour renouveler l'air. Mais, malgré la suppression du flotteur, la forme et l'installation du nautile étaient trop imparfaites; sa marche trop lente et ses armes trop peu redoutables pour qu'il fût jamais en état d'attaquer avec succès des bâtiments de guerre.

Klinger (1807).

Vers la même époque, l'allemand Klinger fit à Breslau, en 1807, des essais qui ne donnèrent que des résultats incomplets.

« Le Mute » de Fulton (1815).

En 1815, la guerre ayant été de nouveau déclarée entre les États-Unis et l'Angleterre, Fulton reprit ses projets de navigation sous-marine et projeta le *Mute*, qui devait porter des colombiades sous-marines et ne plonger et naviguer qu'à fleur d'eau.

« Ce navire, dont la marche eût été d'environ une lieue à l'heure, aurait pu, dit Montgéry, être facilement joint par des embarcations à rames et n'était pas installé de manière à pouvoir se défendre contre elles, quoique leur équipage eût été moins nombreux que le sien. Cependant, conclut-il, il serait facile de rendre ce navire complètement invisible, à volonté, et par là imprenable, en augmentant la capacité des cases destinées à le faire plonger et en adoptant quelques-uns des systèmes connus sur l'art d'entretenir la quantité d'air nécessaire aux matelots pendant plusieurs heures. »

« L'Invisible » de Montgéry (1823).

Cet examen critique des idées de Fulton fut le point de départ d'une conception personnelle de Montgéry qui projeta, à son tour, un type de sous-marin auquel il donna le nom d'*Invisible*.

« Quelles que soient la grandeur et la forme d'un navire, on pourrait l'installer de manière à le faire plonger et marcher sous l'eau ; et, si l'on était pressé par le temps ou gêné par les ressources naturelles, on transformerait avec avantage en corsaire sous-marin un petit bâtiment d'une centaine de tonneaux ; car, ne fût-il armé que d'une seule colombiade et n'eût-il qu'une marche fort médiocre sous l'eau, il affronterait sans danger toutes les flottes actuelles de l'Europe et de l'Amérique. Son plus grand défaut serait de ne pouvoir joindre l'ennemi dans certaines circonstances. »

Sans trop nous laisser entraîner à l'optimisme un peu enthousiaste de Montgéry, nous signalerons les deux projets qu'il a décrits dans son mémoire.

Le premier *Invisible* dont il parle, outre la précieuse qualité de disparaître sous l'eau « à l'instant où les hommes qui le monteraient en auraient le désir », offrait également celle « d'avoir des œuvres-mortes impénétrables, dit-il, à toute espèce de projectiles, et il ne serait forcé de se cacher entièrement sous l'eau que pour éviter de combattre les bâtiments sous-marins qu'on essaierait un jour de lui opposer. Dans l'état actuel des choses, ajoute-t-il, il aurait seulement besoin de plonger jusqu'à fleur d'eau, pour attaquer, sans courir aucun risque, un nombre considérable de vaisseaux de ligne protégés par les meilleures fortifications maritimes. »

L'*Invisible II* n'avait pas les murailles à l'épreuve du boulet, et ses dimensions surpassaient fort peu celles du *Mute* de Fulton : 86 pieds de long, 23 de large et 14 de creux.

« En thèse générale, écrit Montgéry, le fer convient particulièrement à la construction des navires sous-marins, parce que les enveloppes de ce métal sont plus impénétrables que celles en bois, et parce qu'à égalité de volume extérieur elles donnent un plus grand espace intérieur. » Craignant les difficultés d'exécution, il s'empresse d'ajouter : « Cependant on ne doit pas regarder comme indispensable l'emploi du fer au lieu de bois pour construire le nouvel *Invisible*. »

La partie supérieure, que nous appellerons *tillac*, est à peu près semblable à la carène; mais elle est sensiblement aplatie, afin de faciliter les manœuvres, lorsqu'on navigue au-dessus de l'eau. De plus, elle est garnie de verres lenticulaires *(patent lights)* et percée de plusieurs écoutilles. Sur l'arrière du tillac, il y a deux mâts qui portent chacun une voile latine; sur l'avant, il y a un beaupré et un grand mât surmonté d'un mât de hune. On établit sur ces deux derniers mâts un foc, une basse voile, un hunier et quatre bonnettes. Le beaupré rentre à volonté dans le navire. Les mâts verticaux sont à charnières, et, lorsqu'on veut plonger, on loge tout ce gréement dans une coursive pratiquée au milieu du tillac.

L'intérieur du bâtiment est divisé par un plancher horizontal, la partie supérieure forme l'entrepont, la partie inférieure forme la cale. Celle-ci est subdivisée en compartiments, dont les uns servent à loger les munitions et les autres à recevoir de l'eau ou de l'air lorsqu'on veut plonger.

Vers la poupe on pourrait loger, soit une roue à aubes ordinaires, comme Fulton avait fait à bord du *Mute*, soit quelque roue dont les aubes, montées sur charnières ne résistent que dans un sens et cèdent dans l'autre. Un M. Martenot a inventé, en 1703, une espèce de rame qui, au moyen de légers perfectionnements, semble convenir davantage à un navire sous-marin.

Voici la description de cet appareil, auquel on a donné le nom de *Martenote*.

« Qu'on se figure, dit toujours Montgéry, un prisme suspendu verticalement à l'extrémité postérieure de la carène. La partie de ce prisme qui avoisine la carène est cylindrique, la partie opposée se termine par deux plans qui forment un angle obtus.

» Ce prisme est animé d'un mouvement de va-et-vient d'environ 20 degrés, autour d'un axe qui se confond avec l'arête de l'angle susdit. Chaque plan repousse alternativement le fluide et, en vertu de la réaction, fait marcher le navire. »

On voit que l'hélice proposée par Daniel Bernoulli, dès 1752, n'avait pas encore été appréciée à sa juste valeur, et bien que les rames en forme de vis de Bushnell ne fussent pas autre chose, il a fallu attendre que Dallery, Delisle et Sauvage en France, Smith en Angleterre, la fissent adopter par la marine.

Quelque bizarre que puisse paraître le mode de propulsion choisi par Montgéry, nous croyons néanmoins intéressant de le signaler tout en regrettant de ne pas connaître les applications pratiques

qui ont pu en être faites. L'effet produit par le mouvement de la *Martenote* se rapproche un peu de celui produit par le mouvement de queue des poissons ou des rames uniques des gondoliers: c'est, en somme, le mouvement d'une godille.

Ce mécanisme placé en dehors du gouvernail, comme le voulait l'inventeur, retarderait le sillage et ne pourrait résister aux tempêtes. « Logeons-le dans une cavité cylindrique pratiquée à la poupe, s'est dit Montgéry, et, au lieu de composer le prisme d'un massif en bois, fabriquons-le en tôle de fer, appliqué sur une carcasse du même métal. Dans l'espace intérieur, nous condenserons une provision d'air respirable. Enfin, pour suppléer au gouvernail ordinaire, qui se trouve enlevé par cette installation, nous en placerons un de chaque côté de la poupe. Un seul suffira pour gouverner si l'un des deux reçoit des avaries.

» Un bâtiment qui marche entre deux eaux éprouve des résistances qui tendent alternativement à le faire monter et descendre, quoique sa pesanteur spécifique reste la même.

» Un troisième gouvernail, placé au-dessus de la *Martenote*, et tournant autour d'un axe horizontal, corrigera ce genre de déviation. Ce gouvernail, toutefois, n'est pas indispensable car, au moyen de la quantité d'eau admise dans les compartiments des deux extrémités, on est toujours à même de faire élever la proue et baisser la poupe et vice versa : mais la manœuvre du gouvernail est plus expéditive, ajoute judicieusement Montgéry qui venait de proposer, après les frères Coëssin, la disposition la plus ingénieuse et la plus importante des torpilles dirigeables et automobiles et des sous-marins les plus récemment construits et les plus perfectionnés.

» La *Martenote* ne peut produire un mouvement de rotation autour d'un point fixe et encore moins un mouvement rétrograde. Trois pales tournantes, ajoute Montgéry — sorte de roues à aubes — remédieront à ce défaut. Ces pales, dont le mécanisme ressemble à celui des *revolvings-oars*, appliqués à Paris sur les bateaux en fer de M. Aaron Manby, quoique beaucoup moins compliquées frappent l'eau avec leur partie plate, lorsqu'elles descendent, et ne lui présentent que leur partie tranchante lorsqu'elles remontent.

» Elles sont en fer, ainsi que toutes leurs dépendances.

» Une machine à vapeur est appliquée aux pales tournantes pour naviguer sur l'eau; mais, lorsqu'on plonge, elle est remplacée par trois cabestans qui ont chacun un équipage de trente hommes. Le total des hommes embarqués, y compris les officiers,

est de 96. L'équipage du *Mute*, de Fulton, devait être composé de 100 matelots, indépendamment des officiers.

» La *Martenote* dessus ou dessous l'eau, dit Montgéry, a toujours pour moteur un *pyréolophore* machine à poudre, actionnée par l'expansion des gaz produits par l'inflammation de la poudre (1).

» L'armement de l'*Invisible* se compose de quatre colombiades, une pompe refoulante propre à lancer des compositions incendiaires, une centaine de fusées sous-marines et autant de torpilles, sans compter les armes portatives données à chaque matelot.

» Deux tubes en fer, à l'épreuve du boulet, sont plantés verticalement dans le tillac, et ne le dépassent que d'une couple lorsqu'ils sont rentrés le plus possible. Ils sont entourés de garnitures imperméables et se meuvent à l'aide d'un cric. Leur partie supérieure est terminée par une calotte sphérique, percée de quatre trous, d'un pouce carré chacun. Ces trous sont fermés par quatre soupapes qui s'ouvrent à l'aide d'un léger ressort, dès qu'elles ne sont pas soumises à la pression de l'eau. Toujours fermées dans ce fluide, elles sont toujours ouvertes dans l'atmosphère, à moins qu'une vague ne les presse momentanément. Les quatre trous forment l'orifice de quatre conduits qui appartiennent à un ventilateur : deux conduits aspirent l'air extérieur, les deux autres chassent l'air vicié.

» Six pouces plus bas, il y a quatre autres trous garnis de pareilles soupapes. Un homme, placé dans chaque tube, observe l'horizon au travers de ces trous, lorsque le navire est enfoncé sous l'eau. Les tubes peuvent s'élever jusqu'à 13 pieds au-dessus du tillac. L'un est placé vers l'avant du navire, l'autre vers l'arrière. On ne doit les élever que l'un après l'autre et ne les tenir au-dessus de l'eau que le temps nécessaire pour prendre connaissance de la position de l'ennemi ; connaissance dont on n'a besoin que par intervalles, en s'aidant de la boussole (2). »

« Outre la propriété de permettre de se diriger vers un but mobile, les tubes ont celle de renouveler l'air respirable. Ils procurent la faculté de séjourner indéfiniment sous l'eau ; et dans le cas, presque impossible, où ils se trouveraient être tous les deux à la fois hors de service on ferait usage des réservoirs d'air condensé. Ceux-ci pourraient, sans difficulté, fournir à la respiration

(1) Ce mode d'obtention de la puissance motrice devançait de plus d'un demi-siècle les machines à gaz.

(2) C'est, on le voit, la disposition des tourelles à éclipse, adoptées beaucoup plus tard dans les coupoles des fortifications permanentes.

de l'équipage, pendant quinze ou seize heures. Ainsi, dans quelque instant du jour qu'on se trouvât privé de l'usage des deux tubes, on aurait le loisir d'attendre le commencement de la nuit pour faire remonter l'*Invisible* à la surface de la mer. Il est donc réellement invisible, dit en terminant Montgéry, aussi longtemps que sa sûreté l'exige, puisque, ni les vaisseaux actuels ni les navires sous-marins, ni aucune autre machine connue ne possèdent les moyens de l'apercevoir et de le combattre. »

Bien que les idées de Montgéry n'aient pas été mises à exécution, nous y retrouvons certaines idées originales qui méritaient l'honneur d'être citées, car, bien que légèrement ébauchées et insuffisamment étudiées elles renfermaient néanmoins, en germe, l'invention d'appareils ou de méthodes qui furent appliqués plus tard; tels : son moteur à explosion qu'il a appelée *pyréolophore*; son gouvernail horizontal pour l'immersion, couramment adopté depuis; sa *pompe refoulante*, pour lancer des compositions incendiaires, qui ouvrait la voie aux tubes lance-torpilles; ses tubes télescopiques ou tourelles à éclipse, etc.

Quoi qu'il en soit, la complication de ses procédés et particulièrement la difficulté de faire usage de l'inflammation de la poudre comme force motrice devaient suffire pour en empêcher la mise à exécution.

Johnson (1821).

A la même époque, le capitaine américain Johnson expérimenta sur la Tamise, en 1821, mais sans succès, un bateau sous-marin, avec lequel il avait conçu, dit-on, le hardi projet d'aller délivrer Napoléon à Sainte-Hélène. La mort de l'Empereur aurait fait avorter cette entreprise dont la réalisation à cette époque, n'eût pas été exempte de grandes difficultés matérielles.

Shuldham (1823).

Dans son mémoire publié en 1823, Montgéry parle encore de Shuldham, officier distingué de la marine britannique et fils d'un lord, qui avait fait construire, à ses frais, un bateau sous-marin avec lequel il a plongé, jusqu'à 30 pieds de profondeur, dans la rade de Portsmouth; et, non content de cette expérience, il a, dit-on, exécuté un second bateau qui devait supporter des immersions plus considérables. « Cet officier, auquel on accorde beaucoup de talent pour la mécanique, a probablement en vue, ajoute

Montgéry, quelque autre objet que la guerre sous-marine ; car, pour détruire les vaisseaux actuels et n'avoir rien à redouter des navires sous-marins, il suffit de plonger jusqu'à 12 ou 15 pieds. »

« Indépendamment de tous les renseignements qui précèdent, achève Montgéry, dans sa remarquable et consciencieuse étude historique de la navigation sous-marine, il s'en trouve certainement beaucoup d'autres de la même nature dans des manuscrits et même dans des ouvrages imprimés qui auront échappé à nos recherches.

» Il n'y a peut-être pas une seule puissance maritime chez laquelle on ne puisse trouver un grand nombre de mémoires et de plans relatifs à la guerre et à la navigation sous-marine, soit dans les Conservatoires d'Arts et Métiers, soit dans les Archives publiques, soit dans les bureaux des Ministères de la Guerre et de la Marine. »

Ce que dit Montgéry n'est que trop vrai. Malheureusement, indépendamment du travail considérable auquel le dépouillement de ces archives entrainerait, on se heurte à une autre difficulté, d'ordre moral. Jusqu'à ce jour, on s'est plu à considérer ces documents comme confidentiels et secrets, parce qu'ils touchent aux questions de défense nationale, bien que l'on ait atteint déjà un degré de perfectionnement tel que l'on pourrait, sans aucun inconvénient, faire connaitre tous les essais et toutes les tentatives antérieurs aux dix dernières années.

Castera et Lemaire (1832).

En 1832, de Castera, de Bordeaux et Lemaire, d'Angerville, près de Rochefort, firent des essais de navigation sous-marine qui n'ont pas eu grand écho et ne semblent pas avoir donné de bons résultats.

« Hydrostat » du Dr Payerne (1845).

Après avoir perfectionné la cloche à plongeur en 1842 avec le général du génie anglais Paisley, le docteur Payerne fit construire à Paris, en 1845, un bateau-plongeur qu'il a appelé *Hydrostat*, employé avec un certain succès à l'extraction de roches sous-marines, dans les ports de Brest et de Cherbourg.

Au moyen d'une provision d'air comprimé, on y élevait la pression de l'air dans la chambre intérieure, de façon qu'elle excédât celle de l'atmosphère augmentée de la pression du liquide am-

biant, et l'on pouvait alors ouvrir une trappe au fond du bateau pour communiquer avec le fond de la mer et y exécuter des travaux, sans que l'eau montât à l'intérieur de la chambre, comme dans la cloche à plongeur ordinaire.

L'immersion et l'ascension du bateau de Payerne s'obtenaient, d'ailleurs, comme dans celui de Fulton, par le jeu de pompes introduisant ou rejetant l'eau, suivant la manœuvre à faire.

Il proposait l'emploi de la machine à vapeur en se servant comme combustible d'un composé pyrotechnique renfermant l'oxygène nécessaire à sa combustion. La *chaudière pyrotechnique* du docteur Payerne, essayée au Conservatoire des Arts et Métiers, n'a pas donné les résultats qu'en attendait son inventeur.

M. Nordenfelt, dans la conférence qu'il fit le 5 février 1886, devant la *Royal United Service Institution*, signale un certain nombre de sous-marins que nous citerons d'après lui.

Bauer (1851).

En 1851, un Bavarois nommé Bauer construisit un bateau sous-marin destiné à agir contre les vaisseaux danois qui bloquaient le port de Kiel. Cet engin, qui ne semble pas avoir donné de bons résultats, était muni d'une hélice mue à la main. Un système de pompes faisait varier sa densité spécifique. Un appareil spécial permettait de fixer la torpille sous le bâtiment que l'on voulait faire sauter; l'explosion était produite au moyen de l'électricité.

Alexandre (1851).

A la même époque, un Français nommé Alexandre fit, à New-York, quelques essais avec un bateau qui ne présentait aucune particularité nouvelle, d'après l'affirmation de M. Nordenfelt.

« Mortier flottant » de Nasmyth (1853).

Nous mentionnerons en passant le *mortier flottant* de Nasmyth, en 1853, mais ce n'est pas un sous-marin, à proprement parler.

Babbage (1855).

Pendant la guerre de Crimée, un Anglais nommé Babbage, imagina également un bateau sous-marin dont voici la description, d'après l'*Illustrated London News :*

Ce bâtiment avait la forme d'un prisme de 4 *m* de long, 1,30 *m* de large et 1 *m* de creux, terminé à chaque extrémité par des prismes triangulaires et entièrement ouvert par la base. C'était plutôt une cloche à plongeur qu'un bateau sous-marin, bien qu'il fut muni d'une hélice mise en mouvement par quatre hommes. L'intérieur renfermait quatre compartiments étanches situés à l'avant, à l'arrière et de chaque bord : ces compartiments étaient remplis d'eau ou vidés, suivant les besoins, au moyen d'une pompe.

A chacune des extrémités se trouvaient deux gouvernails agissant, l'un dans le plan horizontal, suivant les idées de Montgéry et des frères Coëssin, l'autre dans le plan vertical. On adjoignait à l'appareil trois sphères métalliques renfermant de l'air comprimé et servant de réservoirs. Avec l'air déjà contenu dans les compartiments étanches, l'inventeur estimait que l'équipage pouvait rester soixante heures environ sans avoir besoin de renouveler sa provision d'air.

L'acide carbonique produit par la respiration était immédiatement absorbé par un procédé chimique. De nombreux regards, disposés sur le pourtour de l'appareil et fermés par des verres très épais, permettaient à la lumière de pénétrer à l'intérieur. Nous ne croyons pas que ce bateau, destiné, par Babbage, à faire sauter les défenses sous-marines du port de Sébastopol, ait jamais été appliqué.

Scott Russell (1855).

A la même époque, Scott Russell, Ingénieur anglais, avait proposé, toujours en vue du siège de Sébastopol, un bateau sous-marin de son invention pour la construction duquel lord Palmerston lui avait ouvert un crédit de 7000 liv. st. (175000 *f*). Sir James Hope, Sir James Sullivan et Sir Astley Cooper Key avaient été nommés membres d'une commission chargée d'examiner ce bateau dont les essais ne donnèrent pas de résultats satisfaisants.

Spiridonoff (1855).

Le Dr Payerne raconte, dans une de ses brochures, qu'un officier de la marine russe, Spiridonoff, après avoir étudié ses appareils sous-marins a proposé au gouvernement du czar, pendant la guerre de Crimée, de faire marcher un bateau sous-marin au moyen d'une machine à air comprimé placée dans ce bâtiment

et alimentée d'air par une pompe installée sur un bâtiment à flot et communiquant par des tuyaux flexibles avec la machine du bateau sous-marin. L'organe de propulsion de ce bateau se composait de pistons fonctionnant dans des corps de pompe parallèles à la quille et installés de chaque côté du gouvernail, à l'arrière du bateau, auquel le mouvement de va-et-vient de ces pistons devait communiquer la vitesse. Cette disposition, originale quant au mode de propulsion, présentait l'inconvénient d'exiger constamment la communication avec le bâtiment à flot, ce qui présentait des inconvénients et limitait le rayon d'action du bateau.

Conseil (1859).

En mai 1859, une commission, nommée par le ministre de la Marine et des Colonies, fut appelée à examiner un bateau sous-marin imaginé et construit par M. Conseil. On le fit manœuvrer sur la Seine dans l'intervalle compris entre le barrage de la Monnaie et le pont Saint-Michel.

Ce bateau ressemblait beaucoup à celui qui avait été construit douze ans auparavant par le Dr Payerne. Il portait comme lui un réservoir d'air comprimé, et deux réservoirs à eau qu'un système de pompes permettait de remplir ou de vider à volonté, suivant les besoins.

L'appareil propulseur était aussi une hélice mue à bras, mais le bateau Conseil présentait des dispositions tout à fait spéciales dont l'une surtout, déjà appliquée par les frères Coëssin, offrait un grand intérêt au point de vue de l'avenir de la navigation sous-marine. C'étaient deux ailerons horizontaux ou gouvernails, mobiles autour d'axes horizontaux, placés sur la partie antérieure du bateau et qui, manœuvrés de l'intérieur, permettaient, pendant la marche, de plonger ou de revenir à la surface dans un temps très court.

A la partie supérieure du bateau se trouvait un petit compartiment séparé de la chambre intérieure par une sorte de pont et deux cloisons verticales, et mis en communication permanente avec l'extérieur. Ce pont présentait un trou d'homme sur le pourtour duquel était fixé le bord inférieur d'une chemise en caoutchouc. Un homme s'introduisait de bas en haut dans cette chemise, passait les bras dans les manches étanches et se faisait coiffer d'un casque de scaphandre. Ainsi habillé, il était placé dans l'atmosphère régnant à l'intérieur du bateau, mais il pouvait

voir et agir à l'extérieur. En conséquence, c'était lui qui tenait le gouvernail et commandait la manœuvre.

Cette disposition, déjà essayée plusieurs fois dans les cloches à plongeur, était défectueuse : l'étanchéité absolue était bien difficile à obtenir, et le moindre accident pouvait avoir les conséquences les plus graves pour l'homme revêtu de la chemise en caoutchouc. De plus, lorsqu'on s'approchait d'un obstacle, cet homme risquait beaucoup d'être coincé, sinon écrasé, entre son propre bateau et l'obstacle.

Aux essais, le bateau n'atteignit qu'une vitesse de un nœud et demi à la surface et ne put jamais évoluer entre deux eaux. M. Conseil le présentait comme devant servir de bateau de sauvetage et, éventuellement, de torpilleur; mais, il ne montra aucune des qualités nécessaires pour remplir l'un ou l'autre de ces buts.

« Le Plongeur » de Bourgois et Brun (1858-64).

(Pl. 174, fig. 1).

En 1858, le capitaine de vaisseau Bourgois, dans un mémoire adressé à l'amiral Hamelin, ministre de la Marine et des Colonies, exposa l'idée d'employer, à la défense des ports français, des bateaux sous-marins mus par des machines à air comprimé et dans lesquels l'air, après avoir produit son effet comme moteur aurait pu servir à la respiration de l'équipage.

Ce mémoire fut communiqué dans tous les ports invitant les Ingénieurs des constructions navales à présenter des plans de bateaux répondant au programme tracé.

Parmi les études présentées, celles de M. Brun, Ingénieur de 1re classe, reçurent l'approbation du Conseil des travaux et du ministère de la Marine, et servirent à la construction du *Plongeur* dans l'arsenal de Rochefort, en 1860.

Ce bateau avait extérieurement la forme d'un cigare légèrement aplati sur le tiers de sa circonférence. Il mesurait 44,50 *m* de long, 6 *m* de large et 3,60 *m* de hauteur totale. Lorsqu'il flottait son tirant d'eau était de 2,80 *m* et, dans ce cas, il ne dépassait le niveau de la mer que de 0,80 *m*.

L'intérieur était divisé en trois parties; l'une renfermait la machine à air comprimé, d'une force approximative de 80 *ch*; l'autre, 21 cylindres en acier dans lesquels se trouvait l'air comprimé à 12 *atm* environ. Entre ces deux parties se trouvait la chambre de l'équipage, composé de douze hommes. Le capitaine

se plaçait dans une petite tourelle s'élevant au-dessus du pont et munie d'ouvertures garnies de glaces épaisses.

Quand on voulait faire plonger le bateau et naviguer entre deux eaux, on remplaçait l'air par de l'eau dans certains des réservoirs; quand on voulait remonter à la surface on chassait cette eau en mettant en communication les réservoirs qui la contenaient avec ceux qui renfermaient de l'air comprimé.

Un évidement de l'arrière servait à loger l'hélice, un gouvernail vertical et deux gouvernails horizontaux qui, suivant l'inclinaison qu'on leur donnait, facilitaient l'immersion du bateau et son retour à la surface.

Le *Plongeur*, lancé en mai 1863, fut soumis à une série d'expériences exécutées sur la Charente et dans le bassin de Rochefort, sous la direction de MM. Bourgois et Brun.

Malgré la supériorité incontestable du *Plongeur* sur tous les bateaux sous-marins imaginés et expérimentés antérieurement, il ne possédait pas toutes les qualités nautiques indispensables à un bâtiment destiné à évoluer en mer entre deux eaux. On ne put jamais arriver à donner à cette masse de 400 *tx* une stabilité suffisante.

Pour utiliser le *Plongeur* comme torpilleur, on devait fixer à l'avant un espar de 4,50 *m* de longueur portant à une extrémité une torpille que l'on aurait fait éclater au moyen de l'électricité, après l'avoir mise en contact avec le flanc du bâtiment attaqué.

Villeroy (1862).

En 1862, on fit à Philadelphie quelques essais avec un bateau-cigare sous-marin imaginé par M. Villeroy, Ingénieur français, qui avait déjà expérimenté son invention à Noirmoutier.

Ce bâtiment, long de 11,55 *m*, avait la forme d'un cylindre de 1,11 *m* de diamètre, terminé par deux cônes. Il était hermétiquement fermé et éclairé intérieurement par un grand nombre de hublots munis de verres épais. Une écoutille permettait à l'homme qui devait constituer tout l'équipage de rentrer et de sortir. Pour s'enfoncer, il suffisait de remplir d'eau, au moyen d'une pompe, des tubes en gutta-percha placés à l'intérieur et communiquant avec l'extérieur par un conduit à robinet.

L'appareil propulseur consistait en une hélice mue par une machine sur laquelle on ne possède pas de renseignements.

Malgré le succès des expériences de Noirmoutier, ce bateau ne

parut pas répondre à toutes les exigences de la navigation sous-marine.

Sous-marin de Cronstadt (1863).

En 1863 s'achevait à Cronstadt un bateau sous-marin de dimensions colossales. On n'a que des renseignements vagues sur ce navire que les Russes entourèrent du plus grand secret. On sait pourtant, dit *le Correspondant*, qu'il entra dans sa construction deux cents tonnes de fer et d'acier.

Un éperon très volumineux le terminait à l'avant, et son moteur marchait à l'air comprimé. L'Empereur de Russie, qui attachait un grand prix à la solution d'une telle question approuva les plans et signa, en outre, un décret allouant 175 000 roubles pour les frais de construction.

« Le David » de la guerre de Sécession (1864).

Pendant la guerre de Sécession, les États confédérés du Sud employèrent, les premiers, les torpilles sous toutes les formes. Pour essayer de dégager leurs ports bloqués par les flottes fédérales, ils construisirent des torpilleurs de divers modèles et en arrivèrent bientôt aux bateaux sous-marins.

La population du Sud baptisa du nom de *David* ces engins minuscules qui attaquaient, avec succès parfois, les gros vaisseaux du gouvernement fédéral, en souvenir de la lutte du jeune David et du géant Goliath.

Celui de ces torpilleurs sous-marins qui a laissé le plus glorieux souvenir est celui qui réussit à faire sauter le *Housatonic*, bâtiment amiral faisant partie de la flotte qui bloquait le port de Charleston. Le fait est d'autant plus digne d'attention que c'est jusqu'à présent le seul exemple d'un bateau sous-marin ayant réussi à torpiller son ennemi.

Mais avant d'accomplir cet exploit, le *David* en question avait eu à subir bien des vicissitudes, car il avait sombré à trois reprises différentes pour des causes accidentelles entraînant avec lui ses différents équipages qui tous périrent successivement.

D'après le rapport du général sudiste Maury sur la défense de Mobile, ce bâtiment, construit en tôle de fer, présentait la forme d'un cigare. Il avait environ 12 *m* de long, 1 *m* de large et 1,60 *m* de creux.

ient à bras sur des manivelles qui faisaient mouvoir une hélice ;rvant de propulseur, le neuvième dirigeait le bateau au moyen 'un gouvernail et se tenait dans une petite tourelle.

Le *David*, en station, était immergé en introduisant de l'eau dans des compartiments que l'on vidait avec des pompes lorsqu'on voulait remonter à la surface.

En marche, l'immersion ou l'ascension se produisait à volonté au moyen de gouvernails latéraux.

En eau calme sa vitesse pouvait atteindre 4 nœuds.

Le réservoir à air était suffisant pour permettre à l'équipage de rester deux heures sous l'eau.

D'habitude, le *David* traînait une torpille à la remorque, mais le jour où il attaqua le *Housatonic*, il employa une torpille portée.

Le bateau étant renfloué pour la troisième fois, le lieutenant Dixon, du 21ᵉ régiment de volontaires, avec huit hommes, réussit à torpiller, dans la soirée du 17 février 1864, le vaisseau fédéral *Housatonic*, devant Charleston; mais il fut enseveli dans son triomphe et ce n'est que trois ans après la guerre que l'on retrouva au fond de l'eau le *David* avec les neuf braves qui le montaient, couché à côté de son ennemi torpillé.

Winan (1864).

En cette même année 1864, un Américain, M. Winan, a lancé sur la Tamise un bateau sous-marin long de 78 mètres rappelant beaucoup le *Plongeur* de Bourgois et Brun. A chacune des extrémités de ce bateau, mû à la vapeur, se trouvait une hélice : celle de l'arrière pour refouler l'eau, celle de l'avant pour l'attirer et s'y visser en quelque sorte. Son inventeur affirmait qu'il se comportait très bien à la mer.

« Spuyten-Devil » de Wood et Lay (1864).

Vers la fin de la guerre de Sécession, on voit apparaître le *Spu ten-Devil*. Construit par William Wood et John Lay, le *Spuyte Devil* n'est en réalité qu'hémi-plongeur, son immersion s'eff tuant seulement jusqu'à la hauteur de la ligne du pont. Il a p propulseur une hélice mise en mouvement par une machine à MM. Mallory et Cⁱᵉ de Mystic (Connecticut).

Ce navire, dont l'équipage est de neuf hommes, mesure 25 de longueur totale, 6,29 *m* de largeur maxima et 3,02 de c

Au milieu du pont se trouve une tour-vigie de 1,60 *m* de diamètre. Pendant l'action on réduit l'étendue de la surface émergeante en remplissant d'eau une partie de la cale.

Sa vitesse de 9 milles à l'heure se réduit à 3 et 4 milles quand il est à peu près complètement immergé.

Sous-marin fédéral (1864).

Le lieutenant-commander Barnes, de la marine américaine, dans son ouvrage *Submarine Warfare*, rapporte que le gouvernement fédéral, désireux de détruire surtout le cuirassé confédéré *Merrimac*, traita de la construction d'un bateau torpilleur sous-marin avec un inventeur dont il ne donne pas le nom, qui disparut après avoir touché une première somme de 250 000 *f*, sans avoir fait connaître la partie principale de son invention, consistant en un procédé pour revivifier l'air vicié par la respiration de l'équipage.

Ce bateau, construit en tôle de fer, dans l'arsenal de Washington, avait environ 12 *m* de long; il présentait la forme d'un cigare de 2 *m* de diamètre.

Pour le faire enfoncer, on introduisait de l'eau dans un compartiment disposé dans le sens de la longueur; pour remonter, on expulsait cette eau au moyen de pompes. L'équipage se composait de 16 hommes agissant chacun sur un aviron : il y en avait 8 de chaque bord. Ces avirons étaient formés de deux parties s'ouvrant et se fermant comme les feuillets d'un livre, suivant les idées émises par Borelli au XVIIe siècle; ils agissaient comme les pieds palmés des oiseaux aquatiques.

Dans les expériences qui furent faites, avec l'équipage au complet, on atteignit à peine une vitesse de 2 nœuds et demi, à la surface de l'eau. Un certain nombre de hublots à verres dépolis, très épais, permettaient à la lumière de pénétrer dans l'intérieur du bateau sous-marin où se trouvaient deux appareils pour purifier et reconstituer l'air. L'un d'eux consistait en un appareil pour la fabrication de l'oxygène; l'autre, en un récipient plein de jus de citron que l'air, projeté par un ventilateur, était obligé de traverser.

Malgré la disparition de l'inventeur, on fit quelques essais avec ce bateau qui, muni plus tard d'un propulseur, fut envoyé à Port-Royal, à la remorque d'un bâtiment à vapeur et sombra, dans un coup de vent, à la hauteur du cap Hatteras.

Alstitt (1864).

Vers cette époque, un Américain de Mobile, M. Alstitt, construisit un sous-marin à puissance mixte, à vapeur et électrique.

« El Ictineo » de Monturiol (1866).

En 1866, les journaux espagnols signalèrent les essais satisfaisants faits dans le pays avec un bateau sous-marin *El Ictineo*, inventé par un catalan nommé Monturiol.

D'après une correspondance adressée au journal *Le Temps* et reproduite par *la Revue Maritime et Coloniale*, l'*Ictineo* aurait manœuvré à 18 *m* sous l'eau avec la même facilité qu'à la surface. Un appareil fournissant de l'oxygène a permis à l'équipage, composé de 10 hommes, de rester cinq heures sous l'eau sans remonter à la surface. Ce bâtiment était en outre armé de canons inclinés tirant de bas en haut, et d'une puissante tarière, mue par la vapeur et propre à trouer les carènes des navires ennemis.

D'après le *Magasin Pittoresque*, Monturiol fit avec son bateau 54 essais couronnés de succès.

Ræber (1866).

Cette même année 1866, M. Ræber, de Newark, près de New-York, construisit un bateau-cigare mesurant 9 *m* de longueur sans l'hélice et 2,15 *m* de largeur et de creux. Lorsqu'il flottait, l'arête supérieure de sa carapace n'était élevée que de 0,45 *m* au maximum au-dessus de l'eau, sur une longueur de 2,10 *m* à 2,40 *m* et une largeur de 0,90 *m*.

Une des innovations les plus intéressantes que présentait ce bateau était la mobilité de l'hélice qui servait à la fois de propulseur et de gouvernail. C'est la première fois, croyons-nous, qu'une semblable disposition ait été adoptée pour un sous-marin, mais elle avait été proposée depuis 1800 par Shorter, puis en 1816 par Millington, en 1839 par George Hunt, etc.

Cette hélice, à trois branches de 0,90 *m* de diamètre, était entourée d'une sorte de cage en fer. La partie extérieure de son arbre de couche pouvait, grâce à un genou articulé, se mouvoir horizontalement, hors du plan longitudinal de l'axe. Un T en fer, horizontal, était fixé autour de l'arbre, en avant de la cage de l'hélice et servait à manœuvrer le propulseur au moyen d'une

drisse venant de l'intérieur. Le T servait, en réalité, de barre de gouvernail, et il entraînait à la fois l'hélice et sa cage.

Deux ailerons en fonte, mus sur un axe horizontal traversant le navire perpendiculairement à son grand axe et un peu au-dessous, étaient placés vers l'arrière, à 0,60 *m* environ en avant de l'hélice : ils étaient destinés à faciliter à volonté les mouvements d'ascension ou de descente du bateau. La coque était tout en fer, de 0,012 *m* d'épaisseur, maintenue solidement par une membrure en fers-cornières.

La partie inférieure du bateau était plane, au lieu d'être convexe comme la partie supérieure. Elle présentait un plancher en fonte de 0,076 *m* d'épaisseur environ, ayant pour but de donner à l'appareil une grande stabilité.

L'intérieur était divisé en trois parties : au milieu se trouvait la chambre des machines, pouvant contenir un équipage de 6 à 8 hommes. Les parties avant et arrière formaient de vastes réservoirs que l'on pouvait remplir d'eau ou d'air, à volonté, au moyen de robinet, en communication d'une part avec la mer, d'autre part avec des cylindres renfermant de l'air comprimé à une haute pression. Deux pompes servaient à comprimer l'air dans ces cylindres.

Il suffisait de 20 secondes pour refouler l'eau en dehors des réservoirs quand ils étaient pleins, et par conséquent pour faire remonter le bateau. Il fallait environ 30 secondes pour remplir d'eau les réservoirs et provoquer ainsi l'immersion. L'air destiné à l'équipage était fourni par les cylindres renfermant de l'air comprimé. Une petite pompe placée dans un coin de la chambre au ras du plancher, servait à expulser l'air vicié.

A l'intérieur de la chambre se trouvait une double manivelle engrenant sur l'arbre de l'hélice. En temps ordinaire, deux hommes agissant sur chaque manivelle suffisaient pour produire la marche du bateau; avec trois hommes de chaque bord, on a atteint une vitesse de 4,4 nœuds.

Le capitaine, assis sur un tabouret, passait la tête dans une sorte de dôme, surmontant la partie supérieure du bateau, et muni d'ouvertures garnies de verres épais, lui permettant de voir dans toutes les directions. Dans le but d'éviter que le bateau ne fût obligé de remonter de temps en temps à la surface pour que le capitaine pût observer l'horizon et assurer sa direction, M. Raeber avait cherché à utiliser, quand cela était possible, la communication avec la terre ou un autre navire. Le bateau était muni, en

conséquence, de plusieurs rouleaux de fil électrique, d'un développement de deux à trois milles, qu'il déroulait dans sa marche; il recevait ainsi des indications sur la route à suivre. En outre, deux petites ouvertures placées sur l'arrière de l'observatoire, laissaient passer des étais à guidon, au moyen desquels on échangeait avec la terre quelques signaux simples, destinés à rectifier la position du bateau.

On pouvait, à volonté, utiliser ce bateau comme cloche à plongeur ou comme torpilleur sous-marin. Pour remplir le premier but, le plancher inférieur était percé de quatre portes rectangulaires s'ouvrant du dehors en dedans et formant une sorte de sas à air.

L'inventeur a dessiné les plans d'un bateau plus grand: 22,86 *m* de longueur, dans lequel le fond n'est plus plat: deux quilles assurent la stabilité.

La partie supérieure est blindée avec des plaques de 5 *cm* d'épaisseur. Les réservoirs se prolongent dans tout l'intérieur de la chambre. A l'avant, est installée une disposition permettant d'allonger ou de replier une tige métallique de 5 à 6 *m* de longueur, à l'extrémité de laquelle est fixée une torpille que l'on peut faire éclater au moyen de l'électricité. En temps ordinaire, cette tige est repliée et la torpille est abritée en partie, dans un logement ménagé dans la coque.

La propulsion est obtenue soit au moyen de manivelles mues à bras, comme dans le petit modèle, soit au moyen d'une machine à air comprimé et, dans ce cas, l'inventeur estime que la vitesse pourra atteindre 6 nœuds.

M. Raber affirme qu'un semblable bateau peut descendre jusqu'à 24 *m* au-dessous de l'eau et y rester plusieurs heures sans inconvénient pour l'équipage; mais, depuis cette époque, rien, qui soit à notre connaissance, n'est venu confirmer les affirmations de l'inventeur et nous ignorons même si ses plans ont été mis à exécution.

Samuel Hallet (1867).

En 1867, à l'Exposition universelle de Paris, on vit figurer un sous-marin imaginé par M. Samuel Hallet, de New-York. Il avait une grande analogie avec le bateau du docteur Payerne.

Winan (1868).

En 1868, un bateau sous-marin, construit par les chantiers Winan, sur les bords de la Néva, près de Saint-Pétersbourg, sur les plans de M. Alexandrowski, fit quelques essais qui réussirent d'une manière incomplète.

« Le Nautilus » de Jules Verne.

Nous sommes bien tentés de signaler, parmi les projets de bateaux sous-marins, *le Nautilus*, de Jules Verne, bien qu'il ne fût destiné à rester qu'à l'état de fiction. Certes, en l'examinant attentivement, il ne le cède en rien, quant aux idées, aux projets du P. Mersenne et de Montgéry. Nous le trouvons même plus logiquement et plus pratiquement conçu que ces derniers. Le principal reproche qui pourrait lui être adressé est d'être trop hardi et trop en avance sur l'état des connaissances de l'époque.

Nous retrouvons dans les idées émises par ce charmant écrivain les germes d'inventions qui se sont réalisées depuis ou qui se réaliseront plus tard. Ainsi, il prétendait obtenir de l'élément même dans lequel son *Nautilus* était destiné à se mouvoir presque toutes les ressources nécessaires à la vie et à la locomotion du sous-marin. Il obtenait son électricité au moyen de piles au chlorure de sodium ; or M. Trouvé a fait depuis des piles *à l'eau de mer*.

Le capitaine Nemo prétendait encore extraire de l'eau de mer l'air nécessaire à la respiration de son équipage. Nous verrons plus loin qu'un des projets présentés récemment au concours des États-Unis, celui de M. Schwahn, prévoyait l'utilisation de l'air contenu dans l'eau de mer et qui se serait dégagé par suite de la diminution de pression au moment de son introduction dans les compartiments intérieurs. L'avenir nous dira si ces idées sont pratiquement réalisables.

Otto Vogel (1869).

En 1869, la *Berliner Börsenzeitung* signalait l'invention d'un nouveau bateau sous-marin par un Allemand, M. Otto Vogel, assurant que l'Amirauté prussienne en avait approuvé les plans.

En temps ordinaire, ce bateau, protégé par une épaisse cui-

rasse, ne laissait apparaître que la partie supérieure de son pont blindé. Ce pont portait quelques pièces de gros calibre, de sorte que l'ensemble présentait l'aspect d'un cuirassé de premier rang. Lorsque le bateau était immergé, il employait, comme moyens d'attaque, soit un canon sous-marin, soit des torpilles.

Dr Lacomme (1869).

Nous croyons intéressant de citer en passant un projet original soumis, en 1869, par le docteur J.-M.-A. Lacomme, à l'empereur Napoléon III. Il s'agissait d'un bateau sous-marin à voie ferrée pour traverser la Manche.

Ce bateau, inspiré très probablement par le *Plongeur* de MM. Bourgois et Brun et le bateau du docteur Payerne, consistait en un navire en fer, submersible et muni de deux hélices de propulsion, l'une en avant et l'autre en arrière, disposition que nous avons déjà rencontrée dans le sous-marin de Winan.

Ces hélices devaient être mues par une machine actionnée par l'air comprimé emmagasiné dans des réservoirs *ad hoc*.

Rendu solidaire d'un chariot roulant sur une voie ferrée établie au fond de la mer, ce navire conservait une certaine flottabilité lui permettant de remonter à la surface dès qu'il aurait été dégagé du chariot par suite d'un simple déclenchement. Le poids du chariot, s'ajoutant à celui du bateau, obligeait ce dernier à rester immergé, et l'on pouvait régler ce poids de manière à n'en faire porter qu'un léger excédent par la voie ferrée, ce qui n'exigeait plus qu'une faible puissance motrice pour la locomotion.

Une chaine de traction fixée au chariot devait permettre de venir en aide au moteur dans les rampes d'accès, en cas de forte inclinaison.

Une lampe électrique, placée sur l'avant, éclairait la voie, et une ligne télégraphique sous-marine devait mettre en communication constante le bateau avec les stations.

A sa partie supérieure était prévu un large flotteur de secours, en liège et caoutchouc, à compartiments vides, et muni de longs tuyaux en cuir armés de serpentins métalliques de renforcement et de câbles. Ce flotteur était destiné, en cas d'accident, à venir flotter à la surface de la mer et à renouveler l'air respirable du bateau.

Cette disposition rappelle et le canot amovible du *Plongeur* et les tuyaux en cuir du P. Mersenne.

A l'arrière du bateau, un sas à air comprimé devait permettre à des scaphandriers de sortir du bateau et, par une éclusée, de descendre sur la voie. Cette disposition devait permettre l'exécution de travaux sous-marins.

Le projet du docteur Lacomme, publié dès 1869, dans le *Foreign and British Mechanic and Scientific Instructor*, et, en 1872, dans le *Mechanic's Magazine* de Londres fut également présenté à l'*Académie des Sciences* de Paris, en 1874.

Il ne semble pas avoir été pris en très sérieuse considération, bien qu'il renferme, en germe, quelques idées nouvelles et originales, qui ne sont pas entièrement à dédaigner, malgré leur hardiesse, et que d'autres auront peut-être la gloire et l'honneur d'exécuter.

« Intelligent Whale » de Halstead (1872).

Au mois de septembre 1872, on expérimenta, en Amérique, l'*Intelligent Whale*.

Son inventeur, M. Halstead, l'avait offert, dès 1866, à la France, qui le refusa; le gouvernement de l'Union l'acheta depuis. Ce bateau, long de 9 *m*, était muni d'un réservoir à air comprimé pour la respiration de l'équipage qui s'élevait à treize hommes, dont six employés à faire tourner l'hélice.

D'après les calculs de l'inventeur, ce mode de propulsion devait donner 4 nœuds à l'heure.

Garrett (1875).

En 1875, M. Garrett fit construire par les chantiers Cochrane de Liverpool, un nouveau modèle de torpilleur affectant la forme générale d'une torpille Whitehead et mû par l'air comprimé. Il mesurait 15,27 *m* de long sur 1,52 *m* de diamètre en son milieu. De nombreux essais eurent lieu sur les côtes du Pays de Galles. « M. Nordenfelt les a suivis avec le plus grand intérêt et il en a profité, dit la *Revue militaire de l'étranger*, pour remédier, dans le bateau qu'il méditait déjà, aux causes d'insuccès qui s'étaient manifestées. »

« Hémi-plongeurs » de Donato Tommasi.

(Pl. 174, fig. 2 à 5).

Un projet qui nous semble devoir mériter quelque attention, bien qu'il ne soit pas, en réalité, complètement sous-marin, est celui que M. Donato Tommasi a publié, en 1876, sous le titre de *bateaux hémi-plongeurs*. Ce projet contenait en germe l'idée des paquebots que M. Alexander Mac Dougall a fait construire en Amérique, en ces dernières années.

Frappé par ces faits, dûment constatés et expliqués : 1° que l'action du vent et des vagues s'arrête à une distance peu considérable de la surface; 2° qu'un corps entièrement plongé dans l'eau offre, à surfaces égales, moins de résistance à la traction, dans le sens horizontal, qu'un corps qui flotte à la surface de l'eau; M. Donato Tommasi a imaginé un bateau composé de deux parties essentielles dont l'une, inférieure, est complètement immergée et s'appelle *plongeur* et l'autre, supérieure, entièrement hors de l'eau, appelée *plate-forme;* ces deux parties étant réunies entre elles par des colonnes creuses établissant la communication entre la cale et le pont.

« Le *plongeur* est divisé en trois compartiments : celui du milieu renferme la machine motrice et les deux autres les marchandises.

Comme on peut le voir, le *bateau hémi-plongeur* marque la transition, établit un trait d'union, entre la navigation ordinaire et la navigation sous-marine.

Drzewiecki (1877).

(Pl. 174, fig. 6).

En 1877, un Ingénieur russe, M. Drzewiecki, construisit à Odessa un petit bateau sous-marin qui rappelle beaucoup celui de Bushnell.

Ce bateau avait 4 *m* de longueur et était mû par une hélice actionnée par une pédale et une transmission par engrenages. La coque en tôle un peu renflée vers le milieu, portait à la partie inférieure un réservoir longitudinal qui pouvait se remplir d'eau pour l'immersion et se vider pour l'émersion.

Au milieu, un dôme vitré donnait passage au seul homme d'équipage et permettait, une fois fermé, d'explorer l'horizon.

De chaque côté de ce dôme vitré, des bras en cuir terminés

par des doigts, comme dans le bateau de Bushnell, permettaient le maniement des torpilles que l'on plaçait à l'extérieur et sur l'avant du bateau. Celles-ci étaient constituées par deux boites reliées entre elles et munies de ventouses en caoutchouc, pour obtenir l'adhérence contre les carènes des vaisseaux.

Drzewiecki (1879).

(Pl. 174, fig. 7).

En 1879, M. Drzewiecki construisit, à Saint-Pétersbourg, un nouveau modèle un peu plus grand et plus perfectionné. Celui-ci mesurait 6 *m* de longueur et pouvait contenir quatre hommes et le capitaine. Appliquant l'hélice mobile, M. Drzewiecki avait supprimé le gouvernail.

Pour l'immersion en marche, M. Drzewiecki adoptait une disposition originale, non appliquée avant lui, croyons-nous, consistant dans l'emploi de deux poids curseurs l'un vers l'avant et l'autre vers l'arrière, mis en mouvement par des chaînes. Suivant le sens du déplacement de ces poids, on déterminait une inclinaison du bateau en avant ou en arrière. En mettant l'hélice en mouvement, tout l'ensemble progressait suivant l'inclinaison donnée. En ramenant les poids vers le centre, le bateau reprenait la position horizontale et continuait sa marche en ligne droite. Au repos, l'immersion était toujours obtenue par introduction d'eau dans un réservoir central.

Pour pouvoir se diriger sous l'eau, vers un but déterminé, M. Drzewiecki employait un tube optique muni de prismes à réflexion totale, sorte de chambre claire permettant d'explorer l'horizon.

Ces torpilleurs, vu leur exiguïté, leur facile maniement et leur poids réduit, pouvaient être fixés aux portemanteaux des grands cuirassés. Le gouvernement russe, à la suite des essais, faits en 1881, en commanda cinquante-deux qui furent exécutés sous les ordres du général Boreskoff.

Mortensen (1879).

En 1879, un Américain du Colorado, M. Mortensen présenta un bateau-cigare à deux hélices, mû par une machine à air comprimé. L'immersion s'obtenait par l'emploi de lest liquide.

Il appliqua un des premiers le tube lance-torpilles qu'il plaçait

dans l'axe du bateau. C'était un très grand progrès au point de vue de l'armement.

Drzewiecki (1884).

(Pl. 174, fig. 8).

En 1884, M. Drzewiecki perfectionna encore son bateau en remplaçant la manœuvre à bras de l'hélice et des pompes, par un moteur électrique actionné par le courant d'accumulateurs électriques. Il supprima, en outre, l'hélice mobile, qui donnait une trop grande sensibilité au sous-marin, et rétablit le gouvernail.

Pour l'immersion en marche, au lieu de deux poids curseurs il n'en garda plus qu'un, qui pouvait se déplacer dans toute la longueur du bateau en traversant le réservoir d'eau central, grâce à un tube longitudinal.

Tuck (1884).

En 1884, on expérimenta, à New-York, le torpilleur de M. Tuck. Ce bateau mesurait 9 *m* de long et jaugeait 20 *tx*. L'air y était renouvelé par deux tubes en caoutchouc à flotteurs, disposition proposée et appliquée à différentes reprises, bien que fort défectueuse. Un moteur électrique, alimenté par des accumulateurs, l'actionnait avec une vitesse de 6 nœuds.

Deux torpilles automobiles étaient maintenues par des griffes de fer à électro-aimant; ces griffes s'ouvraient au moment voulu et, tandis que les torpilles quittaient le bateau, des conducteurs électriques se déroulaient pour la commande de l'explosion.

Nordenfelt (1885).

Parmi les tentatives, plus ou moins heureuses, faites dans ces vingt dernières années, il faut placer au premier rang celles du célèbre Ingénieur suédois Nordenfelt.

Le bateau sous-marin imaginé et construit par lui et expérimenté à Landskrona (Suède) au mois de septembre 1885, a, sinon complètement résolu le difficile problème de la navigation sous-marine, du moins fait faire à la question un pas très considérable en avant.

Ce bateau, dont la coque est en acier doux de Suède, a la forme habituelle des bateaux-cigares. Sa longueur est de 19,50 *m*, sa

largeur au centre est de 2,74 *m* et son creux de 3,65 *m*. Il déplace 60 *tx*.

La partie supérieure présente une petite tourelle de 0,30 *m* de hauteur environ, muni d'un dôme étanche, mobile autour d'une charnière pour laisser entrer ou sortir les hommes de l'équipage. Ce couvercle est surmonté d'une coupole en verre protégée par un bâti en acier. Le capitaine, monté sur un escabeau, place sa tête dans la coupole pour diriger le bateau.

A l'arrière se trouve une hélice motrice, à quatre ailes de 1,53 *m* de diamètre et le gouvernail de route. A l'avant se trouvent deux ailerons ou gouvernails compensés, un de chaque bord, destinés à assurer la stabilité de marche lorsque le bateau est immergé. Ces gouvernails sont munis de contrepoids qui ramènent toujours le bateau dans la position horizontale quand on cesse d'agir sur eux. L'intérieur peut être divisé en cinq parties, dont les deux extrêmes contiennent des réservoirs d'eau chaude; la partie centrale est destinée à l'équipage; les deux autres contiennent, l'une la chaudière, l'autre la machine.

L'appareil moteur consiste en une machine à vapeur compound de 100 *ch* avec condenseur à surface. La vapeur est fournie par une chaudière marine ordinaire chauffée avec un combustible quelconque, de l'anthracite de préférence.

Deux petites machines spéciales actionnent des ventilateurs quand on navigue à la surface, et deux propulseurs verticaux, dont nous parlerons tout à l'heure, quand le bateau plonge. Le ventilateur renouvelle l'air intérieur et produit un tirage puissant; les résidus de la combustion sont entraînés dans deux tuyaux latéraux aboutissant au-dessous de la ligne de flottaison.

M. Nordenfelt, rompant avec les errements habituels, en ce qui concernait l'immersion, obtenue généralement par l'introduction d'un lest d'eau, a préféré recourir à l'emploi d'un procédé mécanique. Appliquant l'idée de Bushnell, d'utiliser l'action d'une hélice à axe vertical, il plaça sur les flancs de son bateau deux hélices à axe vertical, une de chaque côté, actionnées simultanément chacune par un moteur de 6 *ch*. Leur mouvement est réglé au moyen d'un piston hydrostatique gouverné par un levier gradué et portant un poids correspondant à la profondeur à laquelle on veut descendre.

Quand la pression extérieure dépasse celle du niveau prévu, le mouvement automatique du piston ferme la soupape d'introduction de la vapeur et arrête la marche des hélices. Le bateau

remonte aussitôt, en vertu de sa flottabilité propre; la pression extérieure diminuant en même temps, la vapeur fonctionne de nouveau et les hélices se remettent en mouvement.

Ces propulseurs verticaux ne suffisent pas à déterminer l'immersion. Le bateau contient, en outre, un réservoir central que l'on remplit d'eau avant d'actionner les hélices.

Quand on doit faire une longue course à la surface, ce réservoir est transformé en soute à charbon.

Lorsque le bateau est sous l'eau, la vapeur nécessaire est fournie par la réserve emmagasinée dans la chaudière et dans les citernes de l'avant et de l'arrière. D'après M. Nordenfelt, cette réserve est suffisante pour permettre au bateau de parcourir 14 milles.

La quantité d'air contenue dans la coque est assez considérable pour que l'équipage, composé de trois hommes, puisse rester six heures sans avoir besoin de remonter à la surface.

Malgré l'emploi de la vapeur, la température intérieure, grâce à un système bien entendu de circulation d'eau froide, ne s'élève pas à plus de 32°, tandis que l'on a parfois constaté jusqu'à 42° dans les chambres de chauffe de certains cuirassés.

Le bateau peut descendre jusqu'à une profondeur de 16 à 17 *m.* Sa flottabilité a été calculée de telle sorte qu'elle suffit pour lui permettre de remonter instantanément à la surface dès qu'on arrête le mouvement des propulseurs verticaux, ce qui constitue une garantie de sécurité pour l'équipage.

L'approvisionnement de charbon est suffisant pour parcourir 150 milles sans arrêt. La vitesse théorique est de 9 nœuds, mais elle ne paraît pas avoir jamais été atteinte.

En résumé, les trois points importants du système de navigation sous-marine imaginé par M. Nordenfelt sont les suivants :

1° Emploi de la vapeur comme force motrice unique;

2° Submersion obtenue par des moyens mécaniques;

3° Horizontalité absolue donnée par les gouvernails disposés à l'avant.

On a pu constater, dans la description des divers bateaux sous marins qui ont précédé celui de M. Nordenfelt, que plusieur inventeurs avaient déjà songé à appliquer les mêmes procédé mais il était réservé au célèbre ingénieur suédois d'en démontr la praticabilité d'une manière incontestable.

Le gouvernement grec fit l'acquisition d'un sous-marin de type auquel fut ajouté un tube lance-torpille à l'avant. Les es de réception eurent lieu à Salamine en avril 1886.

« Le Peace-Maker » (1886).

En cette même année 1886, on a fait, à New-York, des essais avec le *Peace-Maker* (pacificateur).

Ce bateau mesurait 9,50 *m* de long, 2,65 *m* de large et 1,80 *m* de creux. La coque portait un trou d'homme pour l'introduction de l'équipage et un dôme percé de quatre fenêtres.

Ces parties faibles étaient protégées contre le choc des corps flottants par une sorte de crête qui régnait sur toute la longueur de la coque et présentait vers son centre une dépression pour permettre au torpilleur de s'appliquer sous la quille d'un navire. Des manches et des gants en étoffe imperméable étaient établis en arrière et de chaque côté du dôme pour la manœuvre des torpilles ; celles-ci étaient fixées aux flancs du bateau et reliées entre elles par une corde. Une enveloppe de liège devait en faciliter l'ascension et des électro-aimants leur donner prise sous la quille des navires attaqués.

L'immersion au repos s'obtenait par l'introduction d'eau et en marche par des gouvernails horizontaux.

La machine motrice était à vapeur, du système Westinghouse, de la puissance de 14 *ch*. Elle était alimentée par une chaudière à soude, système Honigman, qui a déjà été appliquée à la traction de tramways.

La vitesse obtenue devait être de 8 nœuds; nous ignorons si les essais ont confirmé les prévisions des constructeurs.

Avec son équipage, composé seulement de deux hommes, le *Peace-Maker* a évolué à 17 *m* de profondeur, passé sous des steamers en marche et accosté un remorqueur sans être aperçu.

Waddington (1886).

(Pl. 175, fig. 1 à 14).

Le *Broad Arrow*, du 3 avril 1886, a fait connaître un bateau sous-marin électrique construit, à Liverpool, par M. Waddington, et dont les essais ont dû être satisfaisants, puisque son inventeur a obtenu une médaille à l'Exposition de Liverpool.

Ce bateau a la forme d'un cigare et mesure 11,28 *m* de longueur totale et 1,83 *m* de diamètre au milieu. Une petite tourelle munie de hublots permet de voir dans toutes les directions, et une écoutille étanche donne accès à l'intérieur.

Ce bateau ressemble au Nordenfelt par ses procédés d'immer-

sion. Indépendamment d'un lest d'eau central, il est muni de propulseurs verticaux, mais placés différemment. Ceux-ci, au nombre de quatre, montés deux par deux, sont à peu près dans l'axe et dans le sens de la longueur du bateau à environ un quart de la longueur à partir de chaque extrémité.

Deux doubles gouvernails se trouvent vers l'arrière : l'un formé de deux ailerons verticaux en avant de l'hélice et manœuvré à la main, l'autre formé de deux ailerons horizontaux et actionnés par un pendule compensateur qui maintient l'horizontalité du bateau ou l'y ramène quand il s'en est écarté.

Enfin, deux ailerons plus larges, placés sur les côtés et au milieu, peuvent s'incliner suivant un axe horizontal pour amener l'immersion du bateau. Cette manœuvre s'effectue de l'intérieur à l'aide de leviers.

Cinquante accumulateurs de l'*Electrical Power and Storage Company* fournissent l'électricité nécessaire à une marche de dix heures à une vitesse de 9 nœuds; ce qui correspond à une distance de 250 milles à parcourir sans rechargement.

Le moteur électrique actionne directement l'hélice et lui fait donner environ 800 tours par minute. Il actionne également la pompe centrifuge pour vider les caisses à eau.

Les propulseurs verticaux ainsi que le double gouvernail horizontal ont chacun leur moteur électrique.

Des réservoirs d'air, situés à chaque extrémité, renferment une provision d'air comprimé en cas de besoin; mais l'air libre contenu dans le bateau suffit amplement à la respiration des deux seuls hommes de l'équipage pendant six heures.

La tourelle est munie d'un projecteur électrique.

L'armement est composé de deux torpilles Whitehead placées extérieurement sur des supports fixés à la coque. Un levier-manivelle de manœuvre détermine le lancement de ces torpilles.

Campbell et Ash (1886).

(Pl. 175, fig. 15).

En 1886, on expérimenta encore en Angleterre, aux Tilbury Docks, sur la Tamise, le bateau sous-marin de MM. Andrew Campbell et James Ash, en présence de M. Ch. White, Directeur en Chef des Constructions navales et membre de l'Amirauté. Peu auparavant, Lord Ch. Beresford était descendu au fond de l'eau dans ce même navire.

Ce bateau, en forme de fuseau allongé, d'une forme très rationnelle, a 18 *m* de long, un diamètre extérieur maximum de 3,50 *m* et un diamètre intérieur maximum de 2,50 *m*. Son déplacement total est de 52 *tx*.

Ce qui le distingue surtout des autres bateaux sous-marins est son mode d'immersion obtenu par des cylindres mobiles qu'il porte sur le côté et qui permettent d'augmenter ou de diminuer à volonté son volume. Ces cylindres se manœuvrent par paires, un de chaque bord et simultanément, afin de ne pas détruire l'équilibre du bateau.

Les compartiments étanches, ménagés dans la partie inférieure, peuvent être vidés ou remplis d'eau et concourent avec les cylindres à faire varier la flottabilité.

La coque est en tôle d'acier Siemens-Martin de 8 *mm* environ d'épaisseur.

La force motrice est fournie par 180 accumulateurs Elwell-Parker. Le courant alimente deux moteurs Edison-Hopkinson, actionnant deux hélices indépendantes qui, à toute vitesse, font 750 tours par minute.

Il y a deux gouvernails : l'un sert à diriger le bateau dans le sens longitudinal, l'autre à le maintenir horizontalement à une hauteur uniforme au-dessous du niveau de l'eau; ce gouvernail, convenablement incliné, aide aussi au mouvement de descente ou d'ascension.

Une partie de la quille en métal peut être instantanément abandonnée afin de permettre au bateau allégé de remonter à la surface.

Parmi les perfectionnements introduits, il faut citer l'installation d'une chambre de sortie par laquelle peut débarquer un scaphandrier soit pour relever une torpille sous-marine placée au fond de la mer, soit pour en poser une sous la quille d'un cuirassé au mouillage.

Nordenfelt (1887).

A la suite des premiers essais exécutés à Landskrona en 1885, M. Nordenfelt construisit, en 1887, à Barrow-in-Furnes, en Angleterre, un nouveau modèle de torpilleur sous-marin beaucoup plus grand et offrant quelques perfectionnements de détails. Il était en outre muni de deux tubes lance-torpilles placés à l'avant.

Ce modèle mesurait 37,50 *m* de long et son maître-couple était constitué par un cercle parfait de 3,60 *m* de diamètre.

Les façons du navire étaient constituées par des couples en arc de cercle qui allaient en diminuant jusqu'aux extrémités qui étaient plates avec des arêtes verticales.

Le déplacement total était de 250 *tx* en état de submersion, et de 160 seulement quand le navire flottait.

Le propulseur consistait en une seule hélice actionnée par deux paires de cylindres compound superposés et agissant sur des manivelles à 180°.

Le moteur développait une puissance totale de 250 *ch.*

Il y avait également d'autres machines auxiliaires pour les pompes, le gouvernail, la manœuvre des torpilles, le tirage forcé, etc. La vapeur était fournie par deux chaudières pouvant travailler à 10 *kg* de pression.

Comme dans le premier modèle, l'immersion était obtenue au moyen de deux hélices disposées dans un plan horizontal et placées, comme dans le bateau Waddington, dans des sortes de puits placés dans les façons avant et arrière de la coque. Deux moteurs de 6 *ch* les actionnaient simultanément. Dès que ces hélices cessaient d'agir, le bateau émergeait aussitôt, et reprenait exactement la flottaison dans laquelle il se trouvait au moment de son immersion.

Pendant l'immersion, les machines étaient alimentées par de la vapeur comprimée d'avance dans des réservoirs à une pression de 7 *kg*. La réserve était calculée de manière à pouvoir donner une vitesse de 5 nœuds à l'heure pendant 5 heures consécutives.

Le navire portait 35 *t* d'eau froide dans ses soutes et 27 *t* d'eau chaude, ce qui pouvait l'alimenter pendant un parcours de 20 milles marins en état de submersion.

La quantité de charbon qu'il pouvait porter devait lui permettre de parcourir un millier de milles à la vitesse réduite d 8 nœuds.

Commandé par le capitaine Garrett, ayant sous ses ordres hı hommes d'équipage, ce bateau fit, en décembre 1887, une cr sière de six jours sur les côtes d'Angleterre, où il eut à subir fort coup de vent, au large de Land's End, croisière qui s'est minée par les expériences de Portsmouth.

Ces expériences ont donné de bons résultats, d'après l'*A ralty and Horse Guards Gazette*. Les immersions, tant en ma qu'au repos, s'opéraient très rapidement, de même que l'é sion quand on venait à suspendre l'action des hélices horizon

Cette rapidité d'immersion lui permettait de se dérober

ment aux regards et d'avantager l'attaque, rendant absolument impossible le pointage des canons adversaires.

Des tôles de 25 *mm* formaient une garantie suffisante contre les projectiles des canons-revolvers et de la mousqueterie.

Trois de ces bateaux ont été acquis, l'un par le gouvernement anglais et les deux autres par le gouvernement turc.

Peu après M. Nordenfelt construisit, pour le gouvernement russe, un nouveau modèle qui a fait naufrage dans une tempête déchaînée dans la Baltique, pendant que ce torpilleur se rendait à Cronstadt, après sa réception.

Goubet (1886).

(Pl. 175, fig. 16 à 18).

Le 12 septembre 1886, M. Goubet, Ingénieur français, reçut de l'amiral Aube, alors ministre de la Marine, commande d'un torpilleur qui fut mis à l'eau à Cherbourg, en 1889, et dont les essais officiels eurent lieu en mai et juin 1891, par une Commission présidée par l'amiral Gervais.

La coque de ce torpilleur, fondue en bronze, est d'une seule pièce et mesure 5 *m* de long sur 1 *m* de large et 1,80 *m* de haut. Elle porte deux ailettes longitudinales fixes, placées à la hauteur du diamètre pour modérer les mouvements transversaux et ceux d'immersion et en augmenter, par suite, la stabilité horizontale.

Ce bateau est destiné à recevoir le capitaine et un seul homme d'équipage qui prennent place au centre sur deux sièges adossés, ayant leurs têtes à hauteur des glaces de la coupole. Ils ont à leur portée les leviers et volants de manœuvre. Le coffre des sièges sert de réservoir d'air comprimé pour la respiration.

L'hélice est mobile dans le plan horizontal de son axe et elle est actionnée par une dynamo-réceptrice Siemens dont le courant est fourni par une batterie de piles ou d'accumulateurs. Une disposition de manivelles et d'engrenages permet de manœuvrer l'hélice à la main.

Des rames, dont les pales réversibles sont à charnières, sont mises en mouvement par des leviers intérieurs. Elles se replient contre les flancs du bateau quand on ne veut plus s'en servir.

Une mire placée à l'avant sert à assurer la direction.

L'immersion s'obtient par l'introduction de l'eau dans la partie inférieure du bateau. M. Goubet a imaginé une disposition des plus ingénieuses pour obtenir la stabilité du bateau. Le réservoir

pour le lest d'eau s'étend à la partie inférieure du bateau sous toute la longueur du plancher. Il est subdivisé en un certain nombre de compartiments symétriquement disposés par rapport au plan vertical normal au grand axe et communiquant entre eux par de petites ouvertures pour réduire les effets dus aux déplacements brusques de l'eau par suite des inclinaisons que pourrait prendre le bateau.

Un régulateur automatique, muni d'un pendule, actionne une pompe à double effet tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre pour faire entrer l'eau dans le réservoir ou l'en chasser grâce à un robinet à trois voies.

Suivant l'inclinaison que prend le bateau et, par suite, le pendule, l'eau passe d'un côté du bateau à l'autre et agit à la manière d'un poids compensateur.

La même pompe fournit l'eau pour l'immersion.

Une pompe à air chasse au dehors l'air vicié.

Enfin, un poids de sécurité, fixé au-dessous de la quille par un mouvement à baïonnette, permet, par un simple déclenchement, de délester immédiatement le bateau et le laisser remonter rapidement à la surface par sa propre force ascensionnelle, en cas de péril.

Comme armement, ce bateau peut remorquer jusque sous la carène des vaisseaux des torpilles avec lesquelles il reste en communication par un fil électrique servant à obtenir l'explosion au moment venu.

A l'avant, un sécateur, mû par un levier, peut sortir du bateau sur une longueur de 3 *m* et couper les fils des torpilles des défenses fixes.

« Le Gymnote » de Gustave Zédé (1886).

En même temps que le *Goubet*, l'amiral Aube commanda, en 1886, à la *Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée* un autre torpilleur sous-marin auquel on donna le nom de *Gymnote*. Ce bateau a été exécuté sur les plans de M. Gustave Zédé, ancien Ingénieur de la Marine, d'après les idées de Dupuy de Lôme. Il a été mis en chantier, sur les cales de l'arsenal de Mourillon, près de Toulon, le 20 avril 1887, et construit sous la direction de M. Romazotti, sous-Ingénieur de 1re classe de la marine, et du capitaine Krebs, pour la partie électrique. La mise à l'eau eut lieu le 24 septembre et ses premiers essais eurent lieu le 17 novembre 1888.

Ce bateau a la forme d'un fuseau effilé de 17,20 *m* de long sur 1,80 *m* de diamètre au maître-couple. Il a un déplacement de 30 *tx*. L'immersion est obtenue à l'aide de deux gouvernails horizontaux placés vers l'arrière du bateau, tandis que la direction est donnée par un gouvernail ordinaire.

Le mouvement est donné par une hélice de 1,50 *m* de diamètre actionnée par un moteur électrique avec une vitesse de 9 à 10 nœuds à l'heure.

A l'avant et à l'arrière, des réservoirs contiennent du lest d'eau, afin d'assurer, en même temps que la stabilité, une montée ou une immersion rapide au repos. On vide ces réservoirs à l'aide d'une pompe mue par une petite machine Gramme.

La partie centrale du bateau contient les accumulateurs rangés sur chaque bord. Ils sont du système Commelin, Desmazures et Baillehache. Des lames de cuivre poreux ou de boue de cuivre comprimée à 200 *kg* constituent les positifs; les négatifs consistent en des toiles métalliques fines de fer étamé et amalgamé qui plongent dans une dissolution de zincate de potasse.

Ces accumulateurs, au nombre de 564, sont réunis deux par deux en quantité et divisés en 6 batteries de 90 chacune. Le poids total est de 9 420 *kg*.

Les batteries peuvent être couplées au moyen d'un commutateur spécial de quatre manières différentes représentant quatre vitesses croissantes dont les extrêmes comprennent le tout en quantité ou le tout en tension.

	Séries en quantité.	Accumulateurs en tension.
1° Petite vitesse.	12	47
2° Moyenne vitesse.	6	94
3° Vitesse de route.	4	141
4° Grande vitesse	2	282

La capacité de chaque élément est de 500 ampère-heures.

Le moteur, construit d'après les indications du capitaine Krebs, est à 16 pôles disposés symétriquement autour de l'anneau mobile de 1 *m* de diamètre et muni d'un collecteur à 4 balais, dont 2 pour la marche avant et 2 pour la marche arrière. Le poids total est de 2 000 *kg*. Cette machine devant fournir un travail moyen de 32 *ch* avec une vitesse de 7 à 9 nœuds.

L'équipage du *Gymnote* est de 4 ou 5 hommes y compris le commandant et le volume du bateau étant relativement considé-

rable on a de l'air respirable pour plusieurs heures sans qu'il soit nécessaire de recourir à un moyen artificiel.

Extérieurement ce bateau ne présente aucune saillie ni renflement. Immergé, il ne laisse apercevoir que l'extrémité du tube optique. A une certaine profondeur ce tube optique ne pouvant plus servir, on a eu recours au compas et au *gyroscope;* mais, de l'avis même de M. Baudry de Lacantinerie, commandant du *Gymnote*, le gyroscope n'est pas très pratique par suite de diverses causes perturbatrices qui en rendent l'observation très délicate. Cet appareil, imaginé par Foucault a été très habilement construit par M. Trouvé.

La stabilité du *Gymnote* n'est pas absolue. Quand il plonge, il glisse sur un plan fortement oblique et, par suite de l'impulsion, il ne suit pas, lorsque les gouvernails sont redressés, une ligne rigoureusement droite; comme la torpille Whitehead, dont il emprunte la disposition relative à la direction, il procède par ondulations successives avant d'atteindre la position d'équilibre horizontale. Il y a donc un mouvement de tangage assez accentué.

A la vitesse de 10 nœuds à l'heure le *Gymnote* peut parcourir 45 nœuds ou 83 *km*; à l'allure de 6 nœuds, il peut franchir 220 *km*.

Hovgaard (1888).

Le 23 mars 1888, le lieutenant Hovgaard, de la marine danoise, a exposé, dans une communication faite à l'*Institution of Naval Architects* de Londres, les principes, établis par lui, et qui ont servi de base aux sous-marins actuellement en usage dans la marine allemande.

Le sous-marin du lieutenant Hovgaard déplace 190 *tx*; il est à vapeur sur l'eau et électrique au-dessous. Tous les mouvements de montée et de descente sont obtenus au moyen d'une hélice placée sous le centre de carène, disposition rappelant celle de M. Nordenfelt. Ce propulseur, mû par une machine électrique de 5 *ch* était installé de façon à changer automatiquement sa marche quand le sous-marin descendait en dessous de l'immersion désirée. Pour obvier à une insuffisance de flottaison, une pompe de secours, mue par l'arbre de l'hélice, et marchant en tendant à faire remonter le plongeur, chasse l'eau hors des réservoirs et rétablit la flottabilité convenable.

D'après la *Revue militaire de l'étranger*, la flotte allemande possède six sous-marins fournissant une vitesse de 16 nœuds, 5 à la surface et 9,5 nœuds sous l'eau.

Concours ouvert par l'Amirauté des États-Unis (1888).

En 1888, le gouvernement des États-Unis ayant reçu des propositions de fournitures de sous-marins d'une part de M. Nordenfelt, d'autre part d'une Compagnie américaine intitulée *Nautilus Torpedo Boat Company*, et enfin de M. George C. Baker, les fit examiner par une commission en mai 1888.

Grâce à l'obligeance du très distingué secrétaire d'État à le marine, Sir Hilary A. Herbert, nous relevons sur le Rapport du *Bureau of Ordnance* que les offres ne furent pas agréées par ce fait que les deux premiers soumissionnaires demandaient des prix par trop exagérés 175 000 dollars (875 000 *f*) pour le Nordenfelt, et 135 000 dollars (675 000 *f*) pour le Nautilus, sans offrir aucune garantie dans l'exécution, bien qu'il y eût quatre bateaux de chaque modèle déjà exécutés, et le dernier ne semblait pas suffisamment étudié.

Le bateau proposé par M. Nordenfelt était du deuxième modèle que nous avons déjà décrit.

Celui de la Compagnie américaine, système Holland, était plus petit; il devait mesurer 25,50 *m* sur 3,50 *m* de diamètre au milieu. L'immersion s'obtenait au moyen de lest d'eau et de gouvernails horizontaux réglés automatiquement.

La puissance motrice pour la navigation ordinaire aussi bien que sous-marine devait être fournie par de la vapeur, les chaudières étant chauffées au pétrole. Le moteur devait être de 350 *ch*. La distance parcourue devait être, à la surface de 360 milles à la vitesse de 15 nœuds, et submergé de 346 milles à la vitesse de 14 nœuds.

Ce bateau devait, en outre, être protégé par un cuirassement cellulaire en acier. Des réservoirs d'air comprimé devaient fournir l'air respirable pour l'équipage, et l'éclairage était prévu à l'électricité. Enfin, l'armement se composait de tubes lance-torpilles.

Le bateau de M. Baker présentait une disposition des plus originales et des plus caractéristiques.

La propulsion était obtenue par deux hélices mobiles, articulées aux extrémités d'un même axe passant par le centre de gra-

vité. Elles étaient actionnées par un double moteur, à vapeur pour la navigation à la surface, et électrique pendant la submersion, et pouvaient faire une révolution complète dans le plan vertical perpendiculaire à l'arbre moteur.

En présence de cette situation incertaine, le *Navy Department* résolut de mettre au concours la fourniture d'un sous-marin d'après un programme bien défini, élaboré sous la direction de Sir William C. Whitney, alors secrétaire d'État à la Marine.

Ce programme fut annoncé le 20 août 1888 et publié le 4 octobre suivant. Les concurrents avaient jusqu'au 4 janvier 1889 pour transmettre leurs projets et offres.

Le programme établi par l'Amirauté des États-Unis a été analysé par le commandant Z... et H. Montéchant dans leur remarquable ouvrage : *les Guerres navales de demain.* Nous leur en empruntons cette analyse.

Pour être acceptables, les plans de plongeurs devront indiquer comment pourra être manœuvré le bâtiment dans tous les cas qui sont susceptibles de se présenter, et surtout comment il sera conduit dans une action à distance.

Les qualités primordiales à exiger de pareils navires sont : la vitesse, la sûreté de route, l'invisibilité et la protection contre les feux de l'ennemi. Il est indispensable que les calculs annexés aux plans fassent voir la valeur de chacune de ces forces en même temps que les avantages qui résulteraient de la diminution de l'une d'elles au profit des autres.

Le Département, n'ayant aucune connaissance des moyens les meilleurs pour assurer l'approche d'un objet constamment en mouvement et changeant continuellement de direction, estime que ce but ne paraît guère pouvoir être obtenu que par le maintien d'une visibilité continue, ou encore à intervalles très rapprochés, et il en conclut la nécessité d'une très grande vitesse, aussi bien au-dessous de l'eau qu'au-dessus ; si, en dedans de la zone dangereuse, une partie de la vitesse à la surface peut être sacrifiée pour obtenir une protection d'eau, encore faut-il que ce moyen de protection ne fasse point perdre une trop grande part des chances de succès. Pour mieux préciser, le plongeur doit être considéré dans trois positions différentes :

1° A flot, naviguant comme un bateau ordinaire ;

2° A fleur d'eau, naviguant presque masqué, mais pouvant voir ;

3° Sous l'eau, protégé, mais n'y voyant pas.

Conditions de vitesse.

Le sous-marin devra fournir :
15 nœuds à flot ; 12 nœuds à fleur d'eau ; 8 nœuds sous l'eau.

Endurance.

Il devra pouvoir naviguer au moins trente heures à flot ou à fleur d'eau à toute vitesse, et seulement deux heures sous l'eau, mais la force d'au-dessus de l'eau devra pouvoir, à l'occasion, se transformer en force utilisable sous l'eau.

Manœuvre.

Pour ne pas rester trop longtemps exposé aux coups de l'ennemi, le plongeur devra pouvoir passer en moins de trente secondes de la position à fleur d'eau à la position sous l'eau. Au repos, il devra être capable de se maintenir à une profondeur invariable mais ce desideratum ne semble pas réalisable par le simple effet d'une variation dans le poids spécifique du navire.

En marche, l'immersion devra être facile à conserver et le bateau devra pouvoir tourner très rapidement sans renverser la marche de ses hélices.

Stabilité.

En quelque position que se trouvera le sous-marin, il devra posséder une bonne stabilité. Celle-ci, dépendant en grande partie de la flottabilité du navire, il ne faudra jamais se débarrasser complètement de cette dernière, à moins qu'il ne soit nécessaire de reposer sur le fond, dans le but de conserver de la puissance motrice.

Solidité.

La coque du submersible devra être suffisamment forte pour supporter une pression d'eau extérieure correspondant à 150 pieds d'immersion.

Pouvoir offensif.

Le bâtiment devra être capable de lancer, dans de bonnes conditions d'attaque, contre un navire en marche, des torpilles portant des charges d'au moins 50 *kg* de substance explosive.

Les moyens pour atteindre ce but sont laissés à la disposition des inventeurs, mais il y a lieu d'insister sur ce point que la méthode qui donnera la plus grande portée sous l'eau, avec justesse, devra être préférée.

La rapidité de lancement, la grandeur de l'angle dans lequel les torpilles pourront être tirées, le nombre des torpilles que l'on pourra porter seront autant de facteurs à considérer au point de vue de la puissance offensive.

En dehors de ces principaux desiderata, le bateau devra posséder les moyens susceptibles de permettre au commandant de voir et de suivre l'objet attaqué, soit quand il navigue à fleur d'eau soit quand il marche sous l'eau.

Une vision circulaire, un instrument remplaçant les compas ordinaires sont à rechercher.

Il faudra aussi étudier les questions de l'aération intérieure, de la température, de l'échouage, du déséchouage, de l'éclairage, etc.

La plus grande initiative sera laissée aux constructeurs quant au choix des organes susceptibles de réaliser le but proposé.

« Nous avons tenu à indiquer, dans leurs moindres détails, les conditions du programme de l'amirauté des États-Unis, ajoutent les auteurs des *Guerres navales de demain*, parce que, de toutes celles exigées par les différentes marines, ce sont les plus intelligentes, les plus logiques, les plus sages. Le problème est donc mieux posé aux États-Unis qu'en Europe. »

Nous ajouterons qu'il n'y a pas lieu de s'en étonner, car le peuple américain est éminemment ouvert au progrès et à l'esprit d'initiative, et que sa grande puissance et sa grande vitalité résident précisément dans cet esprit large et ouvert à tout progrès, d'où qu'il vienne.

Son gouvernement, essentiellement démocratique, capte et utilise, *intégralise*, dirons-nous, toutes les forces vives de la nation. Ce pays devrait servir de modèle et d'exemple à notre vieux continent, par trop routinier et souvent rétrograde.

Chapmann et Brin (1888).

En 1888, nous voyons encore un torpilleur, construit par MM. Chapmann et Brin. La puissance motrice est fournie ici par un mélange d'essence de pétrole et d'oxygène, comprimé à 80 *atm* dans des tubes d'acier.

Un appareil électrique permet de régulariser automatiquement l'immersion, qui est obtenue par l'inclinaison de gouvernails horizontaux. Dans ce but, un tube manométrique renfermant du mercure reçoit la pression extérieure. Un contact métallique, placé dans la branche recourbée du manomètre, détermine la fermeture

d'un circuit sur lequel est situé un solénoïde dont le noyau agit sur le levier de commande de vapeur d'un cylindre, et y règle l'arrivée de vapeur de manière à corriger les variations du gouvernail et à le ramener dans sa position normale.

Une vis permet de fixer la tige métallique à la hauteur voulue, correspondant à la profondeur que l'on veut atteindre. Aussitôt que le bateau, en s'immergeant, vient à dépasser le niveau voulu, le contact a lieu, le circuit de la pile se trouve fermé et le régulateur agit.

Cavett (1889).

En 1889, dit l'*Iron*, M. W.-R. Cavett, Ingénieur de la *Porter Machine Company*, de Pittsburg, a dressé les plans d'un bélier sous-marin qui serait assez petit pour être embarqué à bord d'un bâtiment de guerre, et qui, pour opérer, n'aurait besoin que de six hommes d'équipage.

Ce bateau, qui rappelle le mortier flottant de Nasmyt, naviguerait à fleur d'eau, et aurait un pont ayant la forme d'une carapace de tortue, recouvert de fortes plaques d'acier, n'offrant qu'un seul point vulnérable aux coups de l'ennemi : l'ouverture d'un pied carré environ fermée par une lentille, et par laquelle le capitaine ferait ses observations. A la partie avant du bateau, il y aurait un fort cylindre horizontal, semblable à celui d'une machine à vapeur. Ce cylindre aurait environ 4,50 *m* de longueur et contiendrait un piston de 30 *cm* de diamètre.

Le piston traverserait l'étrave du bateau et formerait le bélier proprement dit. Il serait mis en action par la vapeur et une force de 60 *t* serait suffisante pour percer la coque du plus puissant cuirassé à flot.

Or, M. Cavett se flatte de pouvoir loger à bord de son bateau une force motrice assez puissante pour lui donner une vitesse de 20 à 22 nœuds à l'heure, en même temps qu'une force de 150 *t* au besoin, à son bélier.

La partie antérieure du piston aurait la forme d'un godet dont les arêtes vives s'appliqueraient sûrement à la partie quelconque de la coque qu'elles toucheraient.

Ce bateau-bélier serait, d'après son inventeur, aussi utile pour la défense des ports que pour l'attaque des bâtiments en pleine mer.

Peral (1889).

En 1889 on expérimenta, à Cadix, le sous-marin du lieutenant espagnol Luis Peral. Ce bateau est cuirassé et mesure **22** *m* de long sur 2,87 *m*. Il affecte la forme de deux cônes évasés, unis par leurs bases. Il déplace 87 *tx*.

Deux hélices, placées à l'arrière, sont mises en mouvement par deux moteurs électriques de 30 *ch* chacun, alimentés par 480 accumulateurs. Une deuxième batterie de 120 éléments fournit le courant à trois autres moteurs de 5 *ch* chacun, pour actionner les pompes. et deux hélices latérales qui, comme dans le premier modèle de sous-marin de M. Nordenfelt, aident à l'immersion et à la montée. Des réservoirs d'air comprimé permettent à l'équipage de rester enfermé deux jours.

Les essais furent faits à Cadix, le 25 décembre 1889.

Les succès obtenus par le *Peral* valurent à son auteur une forte dotation nationale et le titre de marquis que le Gouvernement espagnol lui a décerné en récompense et pour prix de ses travaux.

« Palla Nautica » de Balsamello (1889).

Le 18 juin 1889, on expérimenta, à Civita-Vecchia, un bateau sous-marin de forme sphérique de l'Ingénieur italien Balsamello. Ces expériences furent faites en présence des délégués des différents Ministères.

Ce bateau, appelé *Palla Nautica* (boule nautique), par suite de sa forme parfaitement sphérique — forme préconisée par le célèbre savant P. Secchi pour mieux résister aux pressions extérieures — était destiné à descendre très profondément dans l'eau.

La coque est constituée de deux hémisphères en fonte de 2,25 *m* de diamètre et 35 *mm* d'épaisseur. Elle est munie de quatre hublots vitrés. Une écoutille percée dans la calotte supérieure permet aux deux hommes de l'équipage de descendre dans ce bateau dont le poids total, installation et équipage compris, est de 5 *t*.

Une hélice placée sur le diamètre horizontal est manœuvrée à la main de l'intérieur et un gouvernail permet de se diriger.

Sur deux tambours extérieurs, que l'on peut manœuvrer de l'intérieur, s'enroulent des cordes dont l'une relie le bateau immergé avec les personnes qui sont hors de l'eau; l'autre porte

des poids qui déterminent l'immersion et que l'on abandonne quand on veut remonter à la surface.

Sous le fond de la sphère, et en sens opposé à l'hélice, se trouve un grappin, sorte de tenaille à crémaillère de 2 *m* de longueur, que l'on peut également manœuvrer de l'intérieur par des engrenages *ad hoc*.

Aucune disposition n'a été prévue pour le renouvellement de l'air et pour l'emploi d'armes de guerre, le but poursuivi étant surtout celui de faire des recherches sous-marines.

Le 5 avril 1893, cette sphère a pu être descendue jusqu'à 135 *m* et même 165 *m* de profondeur, affirme un témoin de l'expérience.

Sous-marin dirigeable Sims (1892).

La *Revue maritime et coloniale* signale, en 1892, un premier bateau torpilleur électrique, système Sims, de Willet's Point (N.-J.) lequel étant muni d'un câble de 2 milles et demi de longueur a parcouru une distance de 3 650 *m* en six minutes.

Van Witten (1892).

Cette même revue signale, en outre, un bateau sous-marin construit par un armateur hollandais, M. Van Witten, habitant Terre-Neuve, qui l'a fait construire sous sa propre direction. Sa forme était celle d'un cigare de 68 *m* de longueur, muni de deux hélices et de deux gouvernails. Il a pu naviguer sous l'eau avec ce bateau, à grande profondeur avec une vitesse supérieure à 10 milles.

Quatorze hommes étaient employés pour la manœuvre du bateau, et M. Van Witten se proposait, après un voyage d'épreuve sur la côte d'Amérique, de tenter la traversée de l'Atlantique pour se rendre à Bordeaux.

Baker (1892).

Parmi les différents constructeurs et inventeurs qui ont répondu à l'appel que l'Amirauté des États-Unis avait adressé en août 1888, on doit citer d'une part *M. George C. Baker*, de Chicago, et de l'autre, la *John P. Holland Torpedo Boat Company*, de New-York.

Le 26 novembre 1892, fut expérimenté le sous-marin de

M. G. C. Baker, dans la Rivière-Rouge, près de Détroit, entre le lac Michigan et le lac Erié.

Ce torpilleur, nous dit *le Yacht*, mesure 14 *m* de longueur, 2,70 *m* de creux et jauge 20 *tx*. La coque est en bois de 0,13 *m* d'épaisseur, avec un doublage métallique de 0,02 *m*.

Entre la coque et le doublage se trouve une toile goudronnée imperméable. Deux hélices mobiles à quatre branches sont placées sur les flancs, une de chaque côté, au lieu d'être à l'arrière; elles servent ainsi à la propulsion et en même temps complètent mieux, d'après l'inventeur, l'action du gouvernail, en aidant à la direction générale du bateau, soit sur un même plan horizontal, soit pour le faire plonger ou revenir à la surface.

A cet effet, l'arbre de couche, qui passe exactement par le centre de gravité, supporte ces hélices par l'intermédiaire d'un manchon coudé et articulé, dont on peut faire varier l'angle au moyen d'une roue à engrenages, disposée à l'avant et tout près de la roue du gouvernail, de manière que le pilote les ait toutes les deux sous la main.

Un moteur électrique de 50 *ch*, construit par M. Jenney, de Fort Wayne, actionne les hélices à 300 tours par minute; il est alimenté par 232 accumulateurs Woodward, et marche sous une tension de 220 volts.

Le *Baker* charge lui-même ses accumulateurs, grâce à une disposition spéciale et ingénieuse. Dans la partie arrière se trouve une machine à vapeur de 60 *ch*, type Robert, de P. Willard et C°, de Chicago; elle actionne le moteur électrique, et on l'utilise ainsi comme générateur pour charger les accumulateurs. Pendant ce travail préliminaire qui ne peut guère être effectué que dans un port et, bien entendu, à la surface, la cheminée de la chaudière sort de la coque; on la rentre quand tout est terminé, et une soupape ferme l'ouverture hermétiquement et d'une façon automatique. C'est alors que les accumulateurs se déchargent sur la dynamo transformée en moteur; chargés en quatre séries de 58, ils sont déchargés en deux séries de 116. En outre, à la portée de la main du pilote, un commutateur lui permet de les coupler diversement, de manière à faire varier la vitesse au degré voulu et à changer la marche avant ou arrière.

Une pompe duplex Worthington sert à remplir la chaudière et aussi à vider les réservoirs pour remonter à la surface; de simples robinets et des tuyaux d'admission y introduisent, comme toujours, le lest d'eau nécessaire à l'immersion.

Au-dessus de la caisse qui renferme les accumulateurs se trouve un tube lance-torpilles pouvant recevoir une torpille Whitehead.

On accède dans ce sous-marin par la tourelle dont le dôme se relève et se referme hermétiquement au moyen de jointures qui rentrent les unes dans les autres à frottement dur.

Cinq hublots garnis de verre épais sont situés sur les côtés de la tourelle, et un sixième est au centre du dôme; ils permettent au pilote, monté sur la plate-forme de timonerie, d'observer l'horizon marin et sous-marin.

Ces essais furent renouvelés le 31 août 1893; mais, sans être absolument concluants, ils ont fait écarter le modèle présenté en laissant la concurrence libre entre les inventeurs. Nous verrons plus loin que cette lutte s'est terminée par le triomphe du système Holland.

Schwahn (1892).

Parmi les autres projets présentés, celui qui a le plus attiré l'attention du jury a été celui de M. Schwahn. Le bateau imaginé par cet inventeur devait donner une vitesse de 32 nœuds à la surface de l'eau et une vitesse de 15 nœuds à une profondeur de 45 *m*: sa direction, sa propulsion ainsi que ses mouvements d'immersion et d'émersion s'obtenaient au moyen de pompes agissant sur l'eau ambiante.

Le moteur choisi étant à vapeur de pétrole, le jury d'examen a jugé que le projet n'était pas actuellement susceptible de réalisation, et que son adoption eût nécessité de longues et coûteuses expériences.

« Le sous-marin de M. Schwahn, dit *le Yacht*, est en acier et possède une double coque. Sa longueur est de 10,50 *m*, sa largeur de 2,40 *m*, sa hauteur de 2,70 *m* et son déplacement de 65 *tx*. La carène porte à sa partie inférieure deux quilles de 0,30 *m* de hauteur sur 0,30 *m* de largeur. Sur leur surface s'ouvrent les soupapes d'introduction et de refoulement qui forment une partie du mécanisme de propulsion et par la manœuvre desquelles le bâtiment peut se diriger.

» Il s'immerge ou s'émerge par l'effet de variations dans la quantité d'eau contenue dans les compartiments de sa double coque, et cette eau, qui circule sans cesse, sert en même temps à la propulsion et à l'aération du navire. Lorsqu'elle pénètre dans les compartiments intérieurs, sa pression diminue, par suite elle

dégage une certaine quantité d'air. Cet air est aspiré dans l'intérieur du navire, tandis que l'air vicié est refoulé dans les compartiments vides. D'après l'inventeur, — et ce n'est pas là une des idées les moins originales de son projet, — cette quantité d'air est suffisante pour la respiration de l'équipage et la combustion de la chaudière (1).

» Ce bateau ne comporte pas de réservoir d'air et est éclairé à la lumière électrique. »

« La Sirène » ou « Gustave-Zédé » de Romazotti et Krebs (1892).

En France on a construit vers cette même époque *la Sirène* à laquelle on a depuis donné le nom de *Gustave-Zédé*, à la mort de cet Ingénieur.

Ce torpilleur déplace 260 *tx* et a 40 *m* de longueur. Il est muni d'une batterie d'accumulateurs Laurent Cély fournis par la Société du Travail Électrique des Métaux.

« L'Audace » de Degli Abbati (1892).

Le 18 décembre 1892, on procéda, à Civita-Vecchia, aux essais de l'*Audace*, sous-marin imaginé par l'Ingénieur italien Pietro Degli Abbati. Ce bateau, construit pour le compte d'une Société romaine, a la forme d'un cétacé. Sa section transversale est ovale, la partie inférieure étant renflée, tandis que la partie supérieure est angulaire, afin de faciliter l'émersion.

La coque, qui est faite de fortes tôles d'acier, mesure 8,70 *m* de longueur sur 2,16 *m* de large et 3,50 *m* de haut.

Dans sa partie supérieure, à l'avant, est la tourelle de direction derrière laquelle se trouve l'ouverture surmontée d'une sorte de cloche, fermant hermétiquement, pour pénétrer dans l'intérieur du bateau. Des deux côtés de la coque il y a de fortes portes dont l'une, celle de gauche, est destinée aux communications avec le fond de la mer.

Le bateau a pour moteur une hélice mue par l'électricité. Il a deux gouvernails, l'un de la forme ordinaire, l'autre en queue de poisson. L'électricité est le seul moteur pour tous les méca-

(1) Cette disposition rappelle *Le Nautilus* de Jules Verne.

nismes, et éclaire en même temps le bateau ainsi que le fond de la mer, au moyen de petits soupiraux sur les côtés.

Les expériences de submersion n'ont été encore faites que jusqu'à la profondeur de 16 *m;* mais la coque est construite pour résister à la pression de l'eau jusqu'à 100 *m.* La provision d'air respirable pour l'équipage est calculée pour 48 heures. Cet équipage est constitué par trois ou quatre hommes.

« Le Delfino » de Pullino (1892).

Vers cette même époque on a procédé, à Spezza, aux essais du *Delfino*, torpilleur conçu et exécuté par l'Ingénieur italien Pullino. Les essais faits ont démontré la supériorité de ce sous-marin sur la plupart de ses congénères; mais le mystère dont il est entouré nous a empêché de pouvoir recueillir des données précises sur sa construction qui est, dit-on, très perfectionnée. D'après *le Yacht*, la vitesse fournie aux essais a été de 10 nœuds, paraît-il.

Holland (1895).

A la suite du concours ouvert par le Gouvernement des États-Unis, celui-ci passa, le 13 mars 1895, un marché avec la *John P. Holland Torpedo Boat Company* de New-York pour la construction d'un sous-marin autonome du prix de 750 000 *f*, sous réserve d'une pénalité de 900 000 *f* au cas où les conditions du marché ne seraient pas tenues. La description de ce sous-marin a été donnée par M. Mallet dans la chronique du *Bulletin* de mars 1896.

La caractéristique de ce sous-marin est qu'il est autonome; c'est-à-dire qu'il navigue ordinairement comme un torpilleur étant mû par un moteur à vapeur. Il peut également naviguer à fleur d'eau, soit au moyen de la vapeur, soit au moyen de dynamos auxquelles le courant est fourni par des batteries d'accumulateurs. Enfin, il peut s'immerger complètement et naviguer sous la surface de l'eau. Les batteries d'accumulateurs sont chargées par les dynamos motrices mues par la machine à vapeur motrice.

Comme tous les sous-marins le bateau de M. Holland a la forme d'un cigare à extrémités effilées; sa longueur est de 24,40 *m*, son diamètre maximum de 3,35 *m.* Son déplacement serait de 138 *tx*, et le déplacement à la flottaison normale serait de 118 *tx*.

Sa coque, construite en acier de 9 *mm* d'épaisseur, est assez

résistante pour lui permettre de séjourner sans danger à une profondeur de 21 *m*. La partie supérieure, émergée à la flottaison normale, est cuirassée avec une tôle d'acier de 12,5 *cm*. Sur les trois quarts de sa longueur, la coque est double avec un intervalle divisé en compartiments étanches par sept cloisons transversales.

Son appareil moteur consiste en deux machines à vapeur à quadruple expansion de 500 *ch* actionnant chacune une hélice. Les hélices sont également actionnées par des dynamos auxquelles le courant est fourni par les batteries d'accumulateurs.

Lorsque le navire navigue sans lest d'eau, il peut filer 15 nœuds à toute puissance; naviguant à fleur d'eau et à la vapeur, sa vitesse tombe à 14 nœuds.

Enfin, lorsqu'il est complètement immergé et mû entièrement par l'électricité, sa vitesse n'est plus que de 8 nœuds.

L'immersion est obtenue par l'introduction d'eau dans des compartiments étanches, introduction qui est réglée au moyen d'une pression d'air.

La cheminée est télescopique et se rentre complètement dans l'intérieur du bateau, dont toutes les ouvertures peuvent se fermer de l'intérieur au moyen de portes étanches. Lorsque la flottabilité est réduite à une certaine limite, l'immersion est obtenue au moyen d'un gouvernail à axe horizontal.

L'aération se fait soit directement au moyen d'une manche s'élevant au-dessus de la surface de l'eau, lorsque le bateau navigue à une faible profondeur, soit au moyen d'air comprimé contenu dans des réservoirs et qui chasse l'air vicié à l'extérieur.

Malgré ses faibles dimensions, ce sous-marin emporte pour seize heures de charbon. Ses accumulateurs sont assez puissants pour lui permettre de marcher pendant seize heures à la vitesse de 8 nœuds.

Ce torpilleur diffère notablement des sous-marins français qui sont uniquement mus par des batteries d'accumulateurs. Au point de vue de l'application de la navigation sous-marine à la guerre navale, il leur est bien supérieur, en principe du moins, et il se rapproche des torpilleurs allemands.

Son rayon d'action est aussi étendu que celui d'un torpilleur ordinaire. Partout où il trouve du charbon, il peut agir. Les sous-marins uniquement mus par des accumulateurs, au contraire, ne peuvent s'éloigner beaucoup des usines qui leur fournissent l'électricité, puisqu'une fois leurs accumulateurs déchargés, ils sont absolument inertes.

De plus, le bateau de M. Holland peut naviguer à la vapeur lorsqu'il fait de la route, c'est-à-dire que pendant ce temps, il évite l'emploi et l'usure d'appareils électriques fort coûteux et d'un fonctionnement délicat. Lorsqu'il est immergé complètement, sa réserve d'électricité est évidemment plus faible que celle d'un sous-marin qui ne contient que des accumulateurs, mais ce désavantage qui, d'ailleurs, est largement compensé par la possibilité de renouveler fréquemment et rapidement cette réserve, n'est qu'apparent.

Le bateau de M. Holland est muni d'un régulateur d'immersion qui l'empêche de descendre à une profondeur supérieure à 21 *m* et, paraît-il, d'un régulateur de direction qui le force à suivre une direction déterminée à l'avance. Le premier de ces appareils existe déjà sur les torpilles automobiles. Quant au second, s'il est réellement rendu pratique, il fera certainement faire un grand pas à la question.

Un officier de la marine française, le lieutenant de vaisseau Bersier, a fait de très intéressantes études dans ce sens, et nous croyons devoir le signaler, car il se pourrait que ses travaux n'aient pas été étrangers aux perfectionnements apportés dans le dernier des sous-marins actuellement construit aux États-Unis.

Goubet (1895).

En 1895, M. Goubet a construit, pour le compte d'un État de l'Amérique du Sud, un nouveau torpilleur de son système, mais un peu plus grand que le premier et, dans lequel furent introduits quelques perfectionnements. La description complète en a été déja donnée par M. de Dax dans la séance du 22 novembre 1895.

Concours ouvert par le Ministère de la Marine français (1896).

Le Ministère de la Marine français, suivant en cela l'exemple de l'Amirauté des États-Unis, mettait au concours, le 26 février 1896, la construction d'un torpilleur sous-marin, dont nous allons donner le programme d'après le *Journal Officiel*.

Programme de concours d'un torpilleur sous-marin (1).

I. — Il est ouvert au Ministère de la Marine un concours pour l'élaboration d'un projet de torpilleur sous-marin parmi les cons-

1. *Journal Officiel* du 26 février 1896.

Les conditions minima à remplir sont, comme indications :

Vitesse : 12 nœuds.

Distance franchissable totale : 100 milles à 8 nœuds.

Distance franchissable sous l'eau : 10 milles à 8 nœuds.

2 torpilles prêtes à être lancées.

II. — Les concurrents chercheront d'ailleurs à dépasser les conditions ci-dessus, comme vitesse, à fleur d'eau et sous l'eau, comme distance franchissable, comme durée de l'immersion possible sous l'eau, comme armement.

Toute latitude est laissée aux concurrents en ce qui concerne les mécanismes de direction et de plongée, etc.

Le déplacement total du bâtiment ne devra pas dépasser 200 *tx*.

Chaque concurrent devra remettre une étude complète comprenant :

1° Une note indiquant les vues d'ensemble d'après lesquelles son projet a été établi et les conditions qu'il se propose de réaliser ;

2° Tous les calculs de déplacement, de stabilité, de puissance motrice, etc., justifiant les dispositions et les dimensions adoptées ;

3° Un plan des formes du torpilleur ;

4° Une coupe au maître et des coupes diverses en nombre suffisant pour définir exactement la charpente du navire et permettre au besoin d'en entreprendre l'exécution ;

5° Un devis des échantillons ;

6° Des calculs de résistance justifiant l'indéformabilité de la coque immergée à une profondeur de 30 *m* ;

7° Un devis des poids ;

8° Des plans détaillés des emménagements ;

9° Des plans d'ensemble de l'appareil moteur, appuyés du calcul des dimensions principales de cet appareil ;

10° Des plans détaillés des appareils de plongée, des régulateurs d'immersion, des gouvernails de direction, etc. ;

11° Des plans détaillés des appareils militaires ;

12° Des plans détaillés des appareils spéciaux que l'inventeur croira devoir proposer pour atteindre tel ou tel but particulier.

Les plans d'ensemble seront à l'échelle de 0,05 *m* par mètre, les plans de détail au $\frac{1}{10}$.

III. — Les projets présentés au concours devront être adressés à M. le Ministre de la Marine dans le délai d'un an à compter de ce jour. Ils pourront être signés ou anonymes : dans ce dernier cas, les concurrents devront les distinguer par une devise reproduite sur chacun des documents formant l'ensemble du projet.

Toutes les pièces constituant un projet seront accompagnées d'un bordereau détaillé indiquant leur nombre et leur désignation.

IV. — Les projets présentés au concours seront soumis à l'examen du conseil des travaux, qui en établira le classement.

Une prime de 10 000 *f* sera attribuée à l'auteur du projet classé avec le n° 1.

Des primes moindres pourront être attribuées aux projets classés à un rang inférieur.

V. — En dehors de ce concours pour l'ensemble du projet, il en est également ouvert un pour les inventions nouvelles et appareils de nature à faire progresser quelqu'une des questions accessoires qui se rattachent à l'étude des sous-marins, par exemple :

1° Étude des moteurs permettant la marche réversible, spécialement appropriés à la navigation sous-marine ;

Étude des appareils propres à assurer la continuité de l'échelle des vitesses ;

2° Appareils de réglage de l'immersion et de la stabilité de route, verticale et horizontale ;

3° Appareils de sécurité de toute nature ;

4° Appareils de vision ;

5° Appareils militaires, etc., etc.

Cinq primes, d'une valeur totale de 10000 *f*, seront décernées, s'il y a lieu.

Les projets présentés au concours d'ensemble pourront participer pour leurs diverses parties au concours de détail.

Par l'exposé sommaire que nous venons de faire, quelque incomplet qu'il soit, on peut voir le progrès immense qui a été réalisé depuis Bushnell et Fulton. Nous avons la profonde conviction que, dans un avenir très prochain, cette question sera entièrement résolue, à un point de vue industriel plutôt que guerrier, au grand profit de la civilisation et de la paix universelle.

BIBLIOGRAPHIE

Comptes rendus de l'Académie des Sciences.
Annales maritimes.
Revue maritime et coloniale.
Revue militaire de l'étranger.
La Marine française.
Le Yacht.
Le Correspondant.
La Nature.
L'Électricien.
Royal united Service Institution.
Institution of Naval Architects.
Rivista marittima.
L'Italia marinara.
Broad Arrow.
Army and Navy Gazette.

Et comme ouvrages et traités :

Traité des navires à vapeur et des navires sous-marins, par Montgéry.
La Défense des frontières maritimes, par le vice-amiral Touchard.
La guerre sous-marine et les Torpédos, par le major Daudenart.
Les Torpilles, par le major de Sarrepont.
Submarine Warfare, par le lieutenant Comm. Barnes.
Les ouvrages de l'amiral Pàris.
La Guerre maritime et les ports militaires de la France, par l'amiral Aube.
La Navigation sous-marine appliquée à la défense des ports, par l'amiral Aube.
Les Guerres navales de demain, par le commandant Z... et H. Montéchant.
L'Électricité et la défense des côtes, par Georges Dary.
La Navigation aérienne, l'aviation et la direction des aérostats, par Gaston Tissandier.
Recherches expérimentales sur les conditions physiologiques de la vie dans les eaux, par le docteur Paul Regnard.
Sondages du *Travailleur* et du *Talisman*, sous la direction de M. Milne-Edwards.
Sondages de *l'Hirondelle* et de *la Princesse-Alice*, par le prince Albert de Monaco.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. J. POKLEWSKI-KOZIELL

PAR

M. L. ZBYSZEWSKI

M. Jean Poklewski-Koziell, élève de l'École de Génie militaire de Pétersbourg et breveté de l'Académie militaire était, en 1863, à vingt-sept ans, professeur de fortifications à l'École des porte-enseigne de la Garde impériale à Pétersbourg. Ardent patriote polonais, il n'a pas hésité cependant à briser sa carrière brillamment commencée et à donner sa démission pour prendre une part active aux événements politiques de cette époque en Pologne.

Vaincu, exilé, il vint se fixer en France pour y employer ses connaissances techniques et, en effet, il ne tarda pas à occuper des positions honorables dans différentes entreprises de chemins de fer de l'époque et notamment à la construction des chemins de fer des Charentes. Il aimait beaucoup à se souvenir du temps où, sous les ordres de notre éminent Collègue et ancien Président, M. G. Love, il travaillait aux chemins de fer des Charentes, et dans sa si intéressante conférence du 19 avril 1895, il s'est plu à reconnaitre tout ce qu'il avait appris, disait-il, de 1866 à 1870, sous les ordres de son chef respecté, pendant les travaux si difficiles dans la région des marais de Sèvre.

Très connu et estimé dans le pays vendéen, où il dirigeait ces travaux, il a été désigné, pendant la guerre de 1870, pour commander un corps de volontaires vendéens avec lesquels il a fait toute la campagne de l'Est. Il a pris part à la brillante affaire de Nuits sous les ordres du commandant Kremer et il a fini sa campagne sous les ordres du général Clinchant.

La guerre, une fois terminée, ses opinions politiques vis-à-vis de la Russie se modifièrent beaucoup. Douloureusement frappé

par les malheurs de la France et l'arrogance du pangermanisme triomphant, il comprit que l'alliance franco-russe devait se créer tôt ou tard et que, dans ces circonstances nouvelles, l'attitude des Polonais émigrés dans cette France hospitalière qu'ils aimaient tous comme leur seconde patrie, ne devait pas gêner les relations amicales qui ne manqueraient pas de se produire entre la France et la Russie sous l'influence désormais évidente des intérêts des deux pays. Il alla plus loin : il pensa qu'il était du devoir de ceux de ses concitoyens qui, comme lui, avaient joui pendant de longues années d'exil de l'hospitalité française d'aider au rapprochement de sa patrie d'adoption avec la Russie. Il exposa ces idées dans une lettre pleine de dignité qu'il adressa à l'empereur Alexandre II en demandant l'autorisation de rentrer en Russie et s'il y avait lieu, disait-il, de passer avant en conseil de guerre. Cette initiative hardie d'un insurgé qui avait encouru de graves condamnations comme un des principaux acteurs de l'insurrection polonaise frappa le souverain par la nouveauté du raisonnement, par son ton de profonde sincérité et de grande loyauté, Poklewski obtint l'autorisation de rentrer en Russie et bientôt après fut adjoint sur sa demande à une mission professionnelle dans les possessions russes de l'Asie, sur les frontières de la Chine dans la province de Kouldja, puis dans la province de Merwe. C'est pendant son séjour dans ces régions qu'il eut l'occasion de diriger des travaux très importants dont il nous a donné le si intéressant résumé dans sa conférence du 19 avril 1895 et que les travaux d'endiguement du Mourgabe lui acquirent une réputation d'Ingénieur hydraulicien émérite.

Malheureusement, le climat meurtrier de l'Asie Centrale a miné la santé de l'intrépide Ingénieur. Rentré en Europe, il s'occupa encore de quelques travaux, mais sa santé le força bientôt au repos absolu et la mort est venu le frapper dans sa petite propriété lithuanienne où il était né, il laisse trois fils, tous les trois Ingénieurs au service de l'État en Russie.

Poklewski-Koziell était un homme simple, instruit, dévoué à ses amis et aux causes qu'il croyait justes; la particularité de cette existence dont j'ai été témoin depuis quarante ans, c'est cette circonstance tout à fait exceptionnelle que, Polonais élevé dans une école militaire russe, dans un milieu de jeunes gens patriotes russes, s'étant trouvé forcé de rompre avec tous ses camarades pour les combattre en faveur de son patriotisme à lui, il n'a trouvé parmi ses camarades russes qu'une appréciation sincèrement triste

mais bienveillante de sa conduite si désintéressée et quand vingt ans après il revint parmi eux avec les tristes réflexions que chacun de nous, Polonais, a faites dans un long exil, il trouva parmi ses anciens camarades, devenus grands dignitaires de l'Empire, la même cordialité, la même estime que lorsque les uns et les autres étaient encore sur les bancs de l'Académie militaire, avant la triste date de 1863. Je me plais à faire remarquer cette circonstance particulière de la vie du défunt, car elle fait honneur non seulement à sa mémoire, mais aussi à tous le corps d'Ingénieurs militaires russes, à tous ses fidèles camarades dont quelques-uns occupent encore les plus hauts postes dans le Génie militaire de leur pays et dont plusieurs qui ne sont plus, ont justifié dans les fonctions les plus élevées de l'Empire, la confiance de ce souverain magnanime qui avait consenti à rappeler leur regretté camarade parmi eux, après vingt ans d'exil.

CHRONIQUE

N° 199

SOMMAIRE. — Les grands bateaux à vapeur à roues *(suite)*. — Procédés électrolytiques pour l'extraction des métaux. — Le système métrique aux États-Unis *(suite et fin)*. — Coussinets en verre. — Diagrammes d'indicateurs.

Les grands bateaux à vapeur à roues *(suite)*. — Il ne faudrait pas, de ce qui précède, conclure que les bateaux à aubes sont exclusivement employés pour les services à grande vitesse de la mer d'Irlande. Dans divers cas, on leur a substitué des vapeurs à deux hélices. Nous citerons comme exemple intéressant la ligne de Fletwood à Belfast, desservie par deux bateaux le *Duke-of-Clarence* et le *Duke-of-York*, appartenant aux deux Compagnies de chemins de fer Lancashire-Yorkshire et London and North-Western. Le premier de ces bateaux a été fait par la maison Laird; le second, l'année dernière, par la maison Denny.

Le *Duke-of-York* a 94,50 *m* de longueur et 11,30 *m* de largeur. Les deux hélices à quatre ailes de 3,05 *m* de diamètre, sont actionnées chacune par un appareil à triple expansion à trois manivelles. Les diamètres des cylindres sont respectivement 0,584 — 0,902 *m* et 1,346 *m*, avec 0,838 *m* de course. Ces cylindres sont alimentés de vapeur à 11 1/2 *kg* par deux chaudières à double façade, marchant à tirage forcé par chaufferies closes. Elles développent environ 4 000 *ch* à 155 tours et donnent au bateau une vitesse de 19 nœuds, qui permet de franchir en moins de 6 heures les 110 milles marins qui séparent Fletwood de Belfast.

Un autre fait, bien plus remarquable, est le suivant. Pour améliorer le service des malles à destination des États-Unis le General Post office vient de passer un nouveau traité pour le service entre Olyhead et l'Irlande, actuellement effectué par la City of Dublin Steam Packet Company. C'est cette même Société qui sera chargée du nouveau service qui sera inauguré le 1er avril 1897. Elle fait construire, à cet effet, par la maison Laird, quatre paquebots à deux hélices, de 113,50 *m* de longueur, 12,65 *m* de largeur et 8,93 *m* de creux, avec 4,40 *m* de tirant d'eau. Deux machines à triple expension à quatre cylindres chacune, alimentées de vapeur à 12 1/2 *kg* par quatre chaudières à double façade, permettront à ces navires de réaliser une vitesse maxima de 23 nœuds, ce qui les mettra en tête des paquebots rapides. Le premier de ces bateaux, l'*Ulster*, a été mis à l'eau il y a quelques jours.

Nous terminerons cette étude par quelques exemples pris sur la Tamise. Il existe à Londres des lignes qui partent de ce port desservant des localités situées sur la mer, à plus ou moins grande distance de l'embouchure de ce fleuve, et qui emploient de grands bateaux rapides à roues, ainsi la ligne connue sous le nom de Belle Steamboat Company,

qui dessert Woolwich, Southend, Harwich, Ipswich, Clacton-sur-mer, etc., et transporte dans certains jours jusqu'à 250 000 personnes. Nous avons eu l'occasion de citer précédemment un des bateaux de cette Compagnie, le *Clacton-Belle*, construit en 1890, par Denny frères. Une des dernières additions à sa flotte est le *Southend-Belle*, construit dans le même chantier au commencement de cette année.

C'est un bateau qui a 76 *m* de longueur, sur 9,15 *m* de largeur et 3,20 *m* seulement de creux. Il peut porter 2 000 passagers. Les roues placées notablement en arrière du centre sont actionnées par une machine inclinée, à triple expansion, à trois manivelles, dont les cylindres ont les dimensions respectives de 0,711 — 1,053 et 1,524 *m* avec 1,525 *m* de course. Deux chaudières cylindriques ayant ensemble 6 foyers et placées l'une à côté de l'autre avec une seule chaufferie, fournissent la vapeur à 11 1/2 *kg*. Le *Southend-Belle* a donné aux essais une vitesse de 18 1/2 nœuds.

Une autre entreprise de transport encore plus puissante est la Victoria Steamboat Association, qui possède, dit-on, quarante-six vapeurs dont quelques-uns, comme nous allons le voir, de très grande puissance. Elles dessert la Tamise et aussi les côtes aux environs de l'embouchure du fleuve et envoie fréquemment des bateaux d'excursion aux ports du continent, à Boulogne par exemple.

Jusqu'à ces dernières années, les plus grands bateaux de cette Société étaient le *Royal-Sovereign* et le *Koh-I-Noor*. Ce dernier, construit aux chantiers de Fairfield, à Govan, a 91,50 *m* de longueur, 9,80 *m* de largeur et 3,25 *m* de creux, la largeur hors tambours est de 17,70 *m*; le tonnage brut est de 884 *tx*. La coque est en acier et divisée en compartiments si multipliés que le grand salon est séparé en deux parties communiquant par une porte à fermeture étanche. Il y a un gouvernail à chaque extrémité.

L'appareil moteur est formé d'une machine compound inclinée à deux cylindres de 1,143 et 2,032 *m* de diamètre, avec 1,676 *m* de course. La pression de la vapeur est de 8 1/2 *kg*. Il y a quatre chaudières cylindriques avec 12 foyers en tout. Le tirage n'est pas forcé, mais simplement assisté, c'est-à-dire qu'un ventilateur envoie de l'air dans la chaufferie qui n'est pas close, en agissant à la façon des manches à vent ordinaires, mais plus énergiquement. C'est un mode de tirage intermédiaire entre le tirage naturel et le tirage forcé et qu'on peut appeler tirage naturel assisté. Les machines du *Koh-I-Noor* développent 3 500 *ch* indiqués et lui ont donné aux essais une vitesse de 19 1/2 nœuds.

Un bateau beaucoup plus puissant, appelé *la Marguerite*, a été construit pour la même Société en 1894, par les chantiers de Fairfield. La coque, en acier, a 105 *m* de longueur totale et 100,60 *m* de longueur à la flottaison, 12,20 *m* de largeur et 22,30 hors tambours. La jauge brute est de 2 200 *tx*. Au tirant d'eau de 2,66 *m*, le déplacement est de 1 870 *tx*. La coque est divisée en dix compartiments étanches. Un rouf surmonté d'un pont de promenade règne sur les trois quarts de la longueur.

L'appareil moteur est une machine compound inclinée à deux cylindres placés l'un à côté de l'autre, avec deux manivelles à 90°. Les diamètres des cylindres sont 1 422 et 2 794 *m*, et la course 1,83 *m*. Le cy-

lindre à haute pression a un tiroir cylindrique placé à l'extérieur, et le cylindre à basse pression, un tiroir plan à double orifice placé entre les deux cylindres; la commande de ces tiroirs se fait par des coulisses. Les bâtis sont en fer et en acier coulé et le mécanisme en acier forgé. Le condenseur à surface de forme cylindrique, est placé en travers entre les cylindres et les bâtis de l'arbre; la pompe à air est verticale et commandée par la tige de piston par l'intermédiaire d'un balancier coudé; la circulation s'effectue par des pompes centrifuges avec moteurs indépendants. Les roues à aubes articulées ont 6,86 *m* de diamètre, et les aubes 3,97 *m* de longueur. Les dimensions de ces machines sont considérables, les tiges de pistons ont 0,254 *m* de diamètre et les arbres 0,520 *m*.

Il y a quatre chaudières cylindriques à double façade avec vingt-quatre foyers en tout, ces chaudières ont 4,42 *m* de diamètre et 5,70 *m* de longueur; les foyers ondulés ont 1,15 *m* de diamètre. La pression est de 10 *kg*. Il y a deux chaufferies ouvertes où l'air est envoyé par des ventilateurs de 1,83 *m* de diamètre, actionnés par des moteurs indépendants. Chaque paire de chaudières a une cheminée de 3,05 *m* de diamètre et 18,30 *m* de hauteur au-dessus des grilles. La machine seule occupe 10,50 *m* de longueur, et l'appareil moteur complet 31,50 *m*. Avec 7 500 *ch* indiqués, à 52 tours de roues par minute, ce qui donne une vitesse moyenne de piston de 3,17 *m* par seconde, la vitesse aux essais a atteint 22,3 nœuds. Ce serait donc le bateau à roues le plus rapide actuellement.

Nous bornerons là cette revue déjà bien longue, et nous résumons, dans les tableaux ci-joints, les dimensions principales des bateaux les plus importants et les plus remarquables parmi ceux qui ont été mentionnés précédemment.

Les chiffres contenus dans ces tableaux, pris dans les journaux anglais, ont été vérifiés et au besoin rectifiés au moyen du *Lloyd's Register*, mais il en est quelques-uns que nous n'avons pu avoir, ce qui explique les vides laissés dans ces tableaux.

On nous permettra de tirer quelques conclusions de l'examen que nous venons de faire. Une première s'impose, car elle ne peut laisser place à aucun doute, c'est qu'il n'est plus permis de contester la supériorité de la machine à double expansion, même pour les traversées les plus courtes. On se rappelle peut-être qu'un Ingénieur et professeur belge très distingué (voir *Chronique* d'août 1894, page 343) avait cru pouvoir démontrer que la machine ordinaire conservait l'avantage pour des parcours modérés. S'appuyant sur de savants calculs, il démontrait que, pour un parcours de 60 milles, dans une coque de 83,40 *m* de longueur, 10,05 *m* de largeur et 4,30 *m* de creux, on pouvait mettre une machine ordinaire donnant 3 190 *ch* et assurant au bateau une vitesse de 19 nœuds, tandis qu'on ne pouvait y loger, par suite de l'excédent prétendu de poids par cheval, qu'un moteur à double expansion réalisant seulement 2 790 *ch* et donnant une vitesse de 18,2 nœuds, soit 0,8 de moins que la première machine. Nous avions indiqué, à ce sujet, que les faits n'étaient pas d'accord avec cette théorie, car tous les récents navires pour la traversée de Calais à Douvres, la plus courte entre

TABLEAU I

NUMÉROS	NOMS DES BATEAUX	ARMATEURS	SERVICE	ANNÉE DE CONSTRUCTION	LONGUEUR	LARGEUR	LARGEUR HORS TAMBOURS	CREUX	TIRANT D'EAU	TONNAGE BRUT	VITESSE MAXIMA
					m	m	m	m	m	tx	n
1	*Prinses-Marie*. . . .	Compagnie Zeeland	Flessingue-Queensborough. .	1877	88,50	10,65	20,00	7,30	»	1 600	17
2	*Konigin-Wilhelmina*.	Id.	Id.	1895	97,60	10,80	20,15	7,25	3,66	»	21
3	*Marie-Henriette*. . .	Etat Belge	Ostende-Douvres.	1893	103,60	11,60	23,34	4,57	2,73	»	22,2
4	*Calais-Douvres* . . .	London-Chatham-Dover Railway	Douvres-Calais.	1889	99,00	11,00	»	4,15	»	1 212	21
5	*Dover*	Id.	Id.	1896	85,40	10,70	»	6,90	»	980	19,6
6	*Duchess-of-York*. . .	South-Eastern Railway.	Boulogne-Folkestone	1896	82,40	9,20	»	4,12	»	1 000	19,5
7	*Violet*.	London and North-Western Ry.	Holyhead-Dublin.	1891	91,50	10,10	18,00	4,40	3,50	1 458	19,5
8	*Princess-Victoria* . .	Port Patrick and Wigtonshire Ry	Stanraer-Larne	1890	85,60	10,90	»	4,10	»	1 123	20,3
9	*Queen-of-the-North* .	»	Blackpool-Ile de Man. . . .	1895	67,70	7,90	12,00	3,40	»	590	18,5
10	*Adder*	»	Clyde-Belfast	1889	85,40	10,10	19,00	4,20	»	951	20
11	*Southend-Belle* . . .	Belle Steamboat Association. . .	Londres-ports divers. . . .	1896	76,00	9,20	»	3,20	»	»	18,5
12	*Koh-I-Noor*	Victoria Steamboat Association .	Id.	1892	91,50	9,80	17,70	3,25	»	884	19,5
13	*La Marguerite* . . .	Id.	Id.	1894	100,60	12,20	22,30	4,15	2,66	2 200	22,3

TABLEAU II

NUMÉROS	CONSTRUCTEURS	SYSTÈME DE MACHINES	CYLINDRES NOMBRE	CYLINDRES DIAMÈTRE	CYLINDRES COURSE	NOMBRE DE TOURS	DIAMÈTRE DES ROUES	PRESSION	NOMBRE DE CHAUDIÈRES	NOMBRE DE FOYERS	PUISSANCE INDIQUÉE	MODE DE TIRAGE	SYSTÈME DE CHAUDIÈRE
				m	m		m	kg			ch		
1	Fairfield.	Oscillante compound . 2 coudes.	2	1,52 — 2,63	2,135	33	6,10	5,0	4	12	3 550	Naturel.	Cyl. retour.
2	Id.	Inclinée triple . . . . 3 coudes.	3	1,295 — 1,905 — 2,791	1,981	»	5,65	12,0	6	24	9 000	Ch. closes.	Id.
3	Cockerill.	Inclinée compound. . 2 coudes.	2	1,524 — 2,743	2,134	53	6,81	8,3	8	24	8 134	Id.	Id.
4	Fairfield.	Inclinée compound. . 1 coude.	2	1,500 — 2,692	1,830	43	»	7,8	»	»	6 000	Id.	Id.
5	Denny.	Inclinée triple . . . . 3 coudes.	3	0,902 — 1,510 — 1,930	1,830	»	»	10,5	4	12	»	Id.	Id.
6	Penn.	Inclinée compound. . 3 coudes.	3	1,220 — 1,727 — 1,727	1,830	43	7,02	8,5	4	12	4 300	Aspiration.	Id.
7	Laird.	Verticale triple. . . . 3 coudes.	3	1,016 — 1,778 — 2,743	1,981	35	8,20	10,5	6	12	4 100	Id.	Locom.
8	Denny.	Inclinée compound. . 2 coudes.	2	1,295 — 2,286	1,676	48	»	8,0	4	12	5 300	Ch. closes.	Cyl. retour.
9	Laird.	Oscill. incl. comp. . . 2 coudes.	4	0,724 — 1,270	1,525	»	»	9,2	2	4	2 500	Aspiration.	Locom.
10	Fairfield.	Inclinée compound . . 1 coude.	2	1,308 — 2,312	1,830	»	»	8,0	4	12	5 550	Ch. closes.	Cyl. retour.
11	Denny.	Inclinée triple . . . . 3 coudes.	2	0,711 — 1,053 — 1,524	1,525	»	»	11,5	2	6	»	Id.	Id.
12	Fairfield.	Inclinée compound. . 2 coudes.	2	1,143 — 2,032	1,676	»	»	8,5	4	12	3 500	Assisté.	Id.
13	Id.	Id.	2	1,422 — 2,794	1,830	52	6,86	10,0	4	24	7 500	Id.	Id.

l'Angleterre et le Continent, avaient des machines à double expansion. Il suffira, pour achever la démonstration par un argument direct, de prendre dans les tableaux ci-dessus l'exemple du *Duchess-of-York* de la ligne de Boulogne à Folkestone, dont les dimenisons de coque sont inférieures à celles indiquées et dont la vitesse est de 19 1/2 nœuds avec une machine non plus à double, mais à triple expansion réalisant 1300 *ch* indiqués. Nous avons, d'ailleurs, indiqué précédemment comment M. Boulvin, partant d'un principe inexact, l'excès de poids par cheval des machines à expansion multiple, ne pouvait arriver qu'à une conclusion en contradiction avec les faits de la pratique. La question nous paraît définitivement tranchée aujourd'hui par l'expérience.

(*A suivre.*)

Procédés électrolytiques pour l'extraction des métaux. — Un chimiste bien connu, M. Tommasi, a proposé pour l'extraction, la séparation et l'affinage des métaux, une méthode très intéressante basée sur les procédés électrolytiques.

Dans le traitement par l'électrolyse des composés métalliques, on a, jusqu'à présent, consommé une quantité d'énergie beaucoup plus grande que celle qui suffirait à l'opération elle-même, parce qu'on n'a réussi, dans les électrolyseurs ordinaires, ni à diminuer la résistance et les réactions du bain, ni à supprimer la polarisation.

La résistance électrique est due :

1° A l'écartement des électrodes qui est très considérable, surtout dans l'affinage de certains métaux qui, au lieu de se déposer à l'état compact, se déposent à l'état cristallin (zinc) ou spongieux (plomb), et donneraient lieu à de courts circuits, si l'on n'écartait pas suffisamment l'anode de la cathode;

2° A la faible homogénéité de la couche métallique et à son peu d'adhérence sur la cathode;

3° A l'inégale densité des diverses couches liquides dont la conductibilité est moindre dans les parties les moins denses.

Les réactions nuisibles résultent de l'attaque plus ou moins énergique des dépôts métalliques par le liquide du bain, d'où production d'un contre-courant.

La polarisation a lieu par la couche d'hydrogène qui se dépose sur la cathode, et qui donne naissance à un courant de sens inverse de celui du courant principal.

Pour opérer aussi économiquement que possible, il faudrait donc :

1° Réduire au minimum les résistances des bains;

a) En supprimant la possibilité des courts circuits, ce qui permettrait de rapprocher les électrodes presque à se toucher;

b) En tirant parti de l'état du métal produit;

c) En rendant le bain homogène;

2° Supprimer la polarisation en provoquant le départ de l'hydrogène au fur et à mesure qu'il se dépose sur la cathode.

Tel est, en résumé, le problème que M. Tommasi s'est posé et qu'il a résolu au moyen de l'appareil que nous allons décrire sommairement.

L'électrolyseur Tommasi se compose d'une cuve rectangulaire dans laquelle plonge une paire d'anodes; cette cuve peut être en tôle, en bois goudronné, en fonte émaillée, en grès, en bois recouvert de plomb, etc., suivant la nature du bain qu'elle devra contenir.

Au milieu de ces anodes est disposée la cathode, laquelle est constituée par un disque métallique fixé par son centre à un axe en bronze pouvant recevoir un mouvement de rotation; ce disque peut être en cuivre, laiton, tôle, bronze d'aluminium, tôle nickelée, etc., suivant la nature du dépôt métallique qu'il devra recevoir.

Le disque ne plonge pas entièrement dans le bain, mais seulement d'un segment, de telle sorte que chaque portion de la zone plongeante du disque se trouve alternativement dans l'air et dans le liquide qui sert d'électrolyte. La partie du disque qui émerge du liquide de la cuve passe, par suite du mouvement de rotation, entre deux frotteurs en forme de racloirs, lesquels ont pour but, non seulement d'enlever le dépôt spongieux au fur et à mesure de sa production, mais encore de dépolariser la surface du disque. Des rigoles convenablement disposées rassemblent et reçoivent le métal détaché du disque et l'amènent dans des récipients où il est recueilli. Dans certains cas (dépôt de plomb, par exemple), il est possible d'employer des racloirs mobiles dont les mâchoires ne doivent être appliquées contre le disque rotatif que lorsque la couche de métal déposé a été jugée suffisante; les racloirs sont formés par deux lames en laiton ou en bronze d'aluminium disposées de telle façon que, par un simple jeu de manivelles, elles puissent se rapprocher ou s'éloigner de la face du disque.

Les anodes peuvent être sous forme de plaques ou à l'état de poudre grossière. Les plaques s'obtiennent en fondant le métal, l'alliage ou le minerai (lorsque celui-ci est fusible, certains sulfures par exemple) et le coulant dans un moule approprié.

Lorsque les corps, au contraire, doivent être employés à l'état granulé, on les tasse simplement dans des récipients perforés au milieu desquels on a introduit préalablement une lame métallique qui sert de conducteur.

Pour assurer un bon contact entre les substances granulées et les conducteurs, on garnit les fonds des récipients perforés d'une lame métallique de même nature que celle qui sert à amener le courant.

Dans les électrolyseurs de grandes dimensions, les anodes sont constituées en deux ou plusieurs pièces, de façon à pouvoir les retirer et au besoin même les remplacer sans être obligé de soulever le disque cathode.

Le disque est plein, lorsque le métal à recueillir se dépose à l'état spongieux; il est, au contraire, composé d'un certain nombre de secteurs échangeables lorsque le dépôt métallique doit se faire à l'état compact.

Lorsqu'on emploie les disques à secteurs, les racloirs sont supprimés. Les divers secteurs dont se compose la cathode sont maintenus sur un disque central de diamètre beaucoup plus petit par la pression de boulons ou de vis qu'on desserre lorsqu'on veut enlever les secteurs. Lorsque ceux-ci se sont recouverts d'un dépôt suffisamment épais de métal, on

les retire du bain au moyen d'un crochet placé au bout d'une chaîne, laquelle s'enroule sur un treuil placé au-dessus de l'électrolyseur. A l'aide d'un dispositif convenable, on amène les secteurs au-dessus d'une chaudière remplie de métal en fusion de même nature, dans lequel on les plonge; le dépôt électrolytique se fond dans le bain métallique et les secteurs peuvent servir à une nouvelle opération.

Lorsqu'un appareil ne doit pas travailler la nuit ou pendant un certain laps de temps plus ou moins long, on évite l'oxydation du dépôt métallique sur les secteurs en enlevant ceux-ci pendant le temps d'arrêt de l'électrolyseur.

Dans le cas où l'on désire obtenir le métal à l'état compact sous forme de lames ou de lingots, la cathode sera constituée par des lames ou des bras métalliques de la nature même du métal qui doit s'y déposer; ces bras ou lames sont maintenus par des vis à écrou sur un moyeu calé sur l'arbre central.

Les nombreux avantages que l'électrolyseur Tommasi présente sur ces similaires peuvent, d'après l'auteur, se résumer comme suit :

1° La polarisation est totalement supprimée;

a) Par la rotation du disque qui constitue la cathode;

b) Par le frottement des racloirs contre les faces opposées du disque, opération qui favorise le départ de l'hydrogène;

2° Le métal qui se précipite sur le disque est enlevé au fur et à mesure qu'il se dépose, d'où les avantages suivants :

a) Le métal étant continuellement soustrait à l'action oxydante du liquide, le bain n'est plus sujet à être attaqué et, par conséquent, à former des couples locaux dont le courant est dirigé en sens inverse du courant principal;

b) Diminution considérable de la résistance électrique du bain, puisque l'on peut rapprocher aussi près que possible les anodes de la cathode, sans qu'il puisse se produire entre elles des courts circuits toujours nuisibles dans toute décomposition électrolytique;

c) Économie considérable du courant électrique due à la diminution de la résistance du bain, par suite du rapprochement possible des électrodes;

3° La densité des diverses couches du liquide, traversé par le courant électrique, est partout la même, grâce à la rotation du disque qui les agite et les mélange sans cesse et, par conséquent, empêche le liquide de se saturer vers le fond et de s'appauvrir dans les régions supérieures du bain, comme cela a lieu toujours dans les électrolyseurs ordinaires où le liquide est en repos.

Pour les métaux qui se déposent à l'état compact, le cuivre, par exemple :

1° La polarisation est totalement supprimée par la rotation du disque à secteurs qui constitue la cathode;

2° Les différents secteurs dont se compose le disque pouvant être retirés lorsque l'électrolyseur ne doit plus travailler (la nuit par exemple) le métal déposé n'est plus sujet à être attaqué ni par l'air, ni par le bain;

3° Lorsque l'épaisseur de la couche métallique a été jugée suffisante, on peut retirer successivement les divers secteurs et les remplacer par d'autres, sans que pour cela il faille démonter l'électrolyseur ni même interrompre le courant;

4° La densité des diverses couches du liquide traversé par le courant électrique, est partout la même, grâce à la rotation des disques à secteurs qui les agite et les mélange sans cesse et, par conséquent, empêche le liquide de se saturer vers le fond et de s'appauvrir dans les régions supérieures du bain, comme cela a lieu avec les électrolyseurs ordinaires si le liquide est au repos.

L'électrolyseur Tommasi peut être employé avec avantage dans tous les affinages électrolytiques des métaux, tels que le cuivre, le plomb, le zinc, le nickel, l'argent, etc., à la séparation de l'étain des déchets de fer-blanc, au traitement des mattes, du plomb argentifère, etc., à l'extraction des métaux de leur minerai et particulièrement à l'extraction du zinc, du cuivre, du plomb, de l'antimoine, etc.

Le procédé dont nous venons de parler a fait l'objet d'une présentation par M. Moissan, à la séance de l'Académie des Sciences du 18 mai dernier.

Le système métrique aux États-Unis *(suite et fin)*. — Le professeur Rondinella rappelle qu'il y a quelques années, on se servait aux États-Unis d'un grand nombre de systèmes différents de pas de vis.

L'Institut de Franklin a pris l'initiative d'étudier et de proposer un pas de vis type. On objecta que la dépense de changer les modèles serait énorme, mais cependant, le système proposé a fini par être à peu près universellement adopté dans le pays, et tout le monde s'applaudit aujourd'hui de cette uniformisation.

Dans la discussion qui se produit en ce moment, il paraît y avoir une certaine incertitude sur l'unité actuelle de mesure. Est-ce le yard, le pied ou le pouce ? Pour beaucoup de travaux de construction, on se sert du pouce comme unité sur les dessins avec des divisions décimales derrière la virgule.

Dans le système métrique, on exprime souvent la longueur en prenant comme unité la plus petite division, c'est-à-dire le millimètre. Pour le dessin et l'atelier, rien n'empêche d'employer une règle d'un pied de longueur portant d'un côté 12 pouces et de l'autre 30,5 *cm* avec leur subdivision en millimètres.

On peut faire une comparaison intéressante entre le système monétaire anglais, divisé en livre, schelling et penny, et le système américain, qui ne comporte qu'une unité, le dollar, subdivisé décimalement. Toute personne qui voudra examiner la question avec impartialité et sans prévention, n'hésitera point entre les deux; or il doit en être de même pour les deux systèmes de mesures.

Le professeur S. Marburg se déclare partisan du système métrique et, dans son opinion, les corps savants doivent appuyer son adoption. Qui prendra l'initiative, si les Sociétés d'Ingénieurs ne se mettent pas à la tête du mouvement ? C'est un rôle auquel elles ne peuvent pas se soustraire.

Le docteur H.-M. Chance est aussi partisan du système métrique, mais il ne pense pas que les classes qui ont intérêt à son adoption aient le droit de chercher à l'imposer à la masse qui n'en sent pas encore l'utilité. Il croit donc que le Club aurait tort d'intervenir dans cette question. Lorsque le public comprendra l'utilité du changement, il saura bien le demander. En attendant on pourrait faire un grand pas en rendant obligatoire dans les écoles l'enseignement du système métrique.

Le professeur Webb fait observer que la réunion compte à peine 10 0/0 du nombre des membres du Club. On ne saurait donc prendre pour expression de l'opinion de celui-ci l'opinion de la majorité des membres présents. Ce n'est que par le vote par correspondance qu'on peut trancher la question.

M. James Christie appuie cette motion. Il fait remarquer que c'est avec raison que l'exposé des motifs, dans la résolution actuellement en discussion, insiste sur la tendance universelle à l'emploi du système métrique. En effet, ce système a été récemment adopté en Suède et Norwège et en Russie; il ne reste guère en dehors de son emploi que la Grande-Bretagne et ses colonies et les États-Unis. Il y a un mouvement très fort en faveur de son adoption dans la Grande-Bretagne, le Canada et l'Australie, et on peut prévoir le moment où les États-Unis resteraient seuls avec l'ancien système. Ceux qui ont essayé les deux systèmes n'ont aucune objection à l'emploi du système métrique.

Un membre déclare que sa maison vient d'exécuter une machine importante d'après des dessins cotés en mesures métriques et que les ouvriers se sont mis au courant très rapidement, et ont fait le travail sans aucune difficulté; il y a même eu moins d'erreurs qu'avec les mesures ordinaires. MM. Sellers emploient le système métrique pour la fabrication des injecteurs, et leur Ingénieur reconnait qu'ils n'éprouvent aucun inconvénient de ce chef. Du reste beaucoup de professions travaillent actuellement d'après le système décimal ainsi les briquetiers emploient des pieds divisés en dixièmes, les mécaniciens des pieds divisés en centièmes et millièmes. On peut estimer que 99 0/0 de la population technique des États-Unis emploient des mesures décimales. Dans ces conditions plus de la moitié du chemin est déjà faite.

M. Trautwine présente des amendements à la rédaction proposée par la Commission, de sorte que cette rédaction devient pour les considérants :

« Attendu que le système métrique est le système le plus convenable en usage, et que son extension continue indique que c'est le seul système existant de poids et mesures qui promette une adoption universelle;

» Attendu que les difficultés du changement sont très largement compensées par les avantages à retirer de son emploi. »

La rédaction de la résolution n'est pas modifiée.

La réunion décide qu'un vote par correspondance aura lieu sur l'adoption des considérants et de la résolution.

Le dépouillement du vote a eu lieu dans la séance du 2 mai ; il a été constaté que 100 membres se sont prononcés pour l'adoption et 60 contre. Les considérants et la résolution ont donc été adoptés. En con-

séquence il est décidé qu'il sera, par les soins du secrétaire, adressé une copie de la résolution aux représentants au Congrès de l'État de Pensylvanie.

Il nous a paru intéressant de reproduire cette discussion comme étant un reflet assez exact des idées qui règnent au sujet de l'adoption du système métrique dans la partie éclairée de la population aux États-Unis.

Coussinets en verre. — D'après l'*American Machinist*, le verre serait actuellement assez employé dans la construction des machines comme support d'arbres légers tournant rapidement. Voici comment on procède.

Le plus souvent, on substitue simplement le verre au bronze dans la constitution du coussinet en coulant le verre dans l'espace vide entre le palier en fonte et l'arbre, après avoir eu la précaution d'insérer deux plaques de tôle mince pour séparer le coussinet en deux parties. Lorsque le verre commence à se solidifier, on fait tourner l'arbre pour l'empêcher d'adhérer au verre. Des coussinets ainsi faits portant un arbre en acier de 50 *mm* de diamètre, tournant à 180 tours par minute et transmettant un travail de 5 *ch*, ont fonctionné plusieurs mois avec une dépense de graissage insignifiante, sans donner d'échauffement et sans trace d'usure.

On peut employer d'autres dispositions; une des plus simples consiste à avoir quatre plaques de verre encadrant les tourillons de l'arbre; ces plaques sont prises dans des cavités convenablement disposées du palier, et sont pressées contre l'arbre par des vis. On peut encore simplifier cette disposition en employant trois plaques seulement disposées en triangle. Le journal américain, en vantant l'emploi du verre pour des mouvements légers, ajoute que le moment ne parait pas encore venu de le voir adopter pour les grosses machines.

Diagrammes d'indicateur. — On sait depuis longtemps que la position d'un indicateur exerce une influence sur la forme du diagramme relevé. Le professeur W. F. M. Goss a étudié cette influence et a fait de ses recherches l'objet d'un mémoire très intéressant lu à la récente réunion de Saint-Louis de l'American Society of Mechanical Engineers.

L'auteur a effectué ses expériences sur une machine Buckeye à cylindre de 0,197 *m* de diamétre et 0,381 *m* de course. Un frein automatique agissant sur le volant donnait une charge constante. Sur l'arrière du cylindre étaient percés deux trous communiquant avec l'intérieur. Sur l'un, on ajoutait un indicateur, et sur l'autre un tuyau de 12 1/2 *mm* de diamètre et de longueur variable, 1;50 *m*, 3 *m* et 4,50 *m*, à l'extrémité duquel on plaçait un second indicateur semblable au premier. On relevait simultanément les diagrammes avec les deux instruments, et la comparaison de ces diagrammes permettait de constater l'influence de la conduite.

Les donnécs variables étaient le nombre de tours et la longueur du tuyau.

Voici les conclusions du mémoire :

1° Si on veut que le diagramme donne une indication exacte de la variation des pressions à l'intérieur du cylindre, il faut que la communication de l'indicateur avec le cylindre soit courte et directe;

2° Un tuyau interposé entre l'instrument et le cylindre affecte les indications du premier; dans les conditions ordinaires de vitesse et de pression, une assez faible longueur du conduit peut produire déjà un effet appréciable et une longueur atteignant 1 *m* et plus peut-être suffisante pour ôter toute valeur aux résultats obtenus sauf pour des appréciations grossières et seulement approximatives.

3° En général, l'effet de l'interposition d'un tuyau est de retarder l'action du crayon de l'indicateur;

4° Toutes choses égales, d'ailleurs, l'influence du tuyau augmente avec la vitesse de la machine;

5° Les modifications apportées à la forme du diagramme par la présence du tuyau sont proportionnellement plus grandes pour les diagrammes à faible introduction que pour ceux à introduction plus prolongées, les autres conditions étant les mêmes;

6° Les divers points de la course, tels que fermeture de l'admission, ouverture à l'échappement, commencement de la compression, etc., sont, avec l'interposition d'un tuyau, indiqués sur le diagramme avec un retard sur leur position réelle dans le tuyau;

7° Avec un indicateur placé à l'extrémité d'une conduite, les pressions, pendant la plus grande partie de la détente, sont plus élevées, et, pendant la compression, moins élevées que les pressions correspondantes dans le cylindre;

8° L'aire des diagrammes avec l'indicateur à communication indirecte peut être plus grande ou moins grande que l'aire qui correspondrait au diagramme exact, selon la longueur du tuyau de communication; pour les longueurs employées ordinairement qui sont assez courtes, l'aire du diagramme est plus grande que l'aire réelle ;

9° Dans les conditions qui viennent d'être exposées, l'indicateur donne un travail exagéré, et, dans certaines limites, d'autant plus que la longueur du tuyau est plus grande;

10° On ne peut baser de conclusions exactes sur la forme des courbes de détente et de compression ou sur les proportions de vapeur et d'eau contenues dans le cylindre pendant la détente et la compression au moyen de diagrammes relevés avec des indicateurs placés sur des tuyaux, même lorsque la longueur de ces tuyaux est faible.

Pour fixer les idées, nous dirons que, d'après l'auteur, sur une locomotive, la longueur de tuyau nécessaire pour mettre l'indicateur à la hauteur du niveau supérieur de la boite à tiroir, c'est-à-dire à peu près 1 *m*, produit sur le diagramme une erreur de 17 0/0 au moins.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

AVRIL 1896.

Captages d'eau de Quimper, par M. CONSIDÈRE, Ingénie chef des Ponts et Chaussées.

Les travaux exécutés pour fournir la ville de Quimper d'eau p consistent dans des captages artificiels au moyen de galeries cre dans le granit.

La superficie des bassins dont les captages recueillent les eaux 250 *ha* et on a obtenu un débit minimum de 4,80 m^3 par jour hectare pour un climat où il tombe en moyenne de 1 à 1,20 *m* de teur d'eau par an. La longueur totale des aqueducs de captage e 1 872 *m*, le mètre courant a coûté 26,15 *f* et, si on y ajoute la dé des regards, vidanges, etc., on trouve un prix de revient total de 29 La dépense des terrains n'est pas comprise dans ce chiffre.

Note sur l'**emploi de vannettes à galets avec roulem sur billes** pour la fermeture des barrages mobiles, par M. WE Ingénieur des Ponts et Chaussées.

On sait qu'on emploie divers systèmes pour les barrages mobile des plus simples est le système à vannes, appliqué par M. Boulé à c barrages, notamment à Suresnes et à Marly, mais ce système, qui sit bien, d'ailleurs, ne paraît guère applicable qu'à des ouvrages importants pour justifier une manœuvre mécanique, parce que les tements y sont considérables. Ce système peut toutefois, en empl des galets pour substituer le roulement au glissement, devenir usage plus général et plus commode en permettant de ne se servi d'éléments petits, légers et maniables, pouvant être mis en pla enlevés par un seul homme, sans le secours d'aucun appareil mécan

Un essai a été fait au barrage de Marolles, près Montereau, su vannettes qui ont été mises en service en avril 1895.

Les vannettes ont 1 075 *m* de longueur et des hauteurs variant de à 0,50 *m*; elles portent des galets de 43 *mm* de diamètre en acier tr dont les axes portent eux-mêmes sur des billes d'acier de 7 *mm* de mètre. Les galets roulent sur une cornière en fer.

Les vannettes ainsi disposées sont très faciles à manœuvrer; 4 minutes suffisent pour l'ouverture d'un panneau de barrage con de 12 vannettes. Une application prolongée à tout un barrage nécessaire pour apprécier si le système essayé ne présente pas à l' quelque inconvénient, mais, dès à présent, toutes les présomptions en sa faveur.

Note sur l'**emploi de gros graviers pour la constitution des batardeaux,** par M. Claise, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur a été amené à employer des graviers roulés de 3 à 10 *cm* de diamètre pour la constitution de batardeaux dans l'exécution de certains travaux sur la Meuse canalisée.

Cet emploi est économique et on a l'avantage de la rapidité et de la facilité de mise en place et d'enlèvement. Si l'étanchéité n'est pas suffisante par elle-même, on l'obtient en déposant sur la face extérieure du batardeau une légère couche de tan.

Théorie élémentaire de la **déformation des pièces prismatiques droites,** par M. Ch. Maurel, Conducteur des Ponts et Chaussées.

L'auteur s'est proposé de réaliser le calcul des flèches et la détermination des points d'inflexion dans les pièces prismatiques encastrées aux extrémités au moyen de procédés employant seulement les mathématiques élémentaires.

Note sur l'**enregistrement des flèches et la mesure des déformations des ponts métalliques,** par M. Rabut, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note contient des explications relatives à l'emploi pour la mesure des flèches des ponts d'un système précédemment décrit dans les *Annales* et consistant dans l'emploi d'un fil métallique dont une extrémité est fixée au sol et l'autre au tablier et qui est tendu par un ressort. Cette méthode peut s'appliquer non seulement aux flèches verticales, mais aux déplacements linéaires dans toute direction et particulièrement aux oscillations horizontales.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1896.

Théorie de la stabilité des locomotives, par M. J. Nadal, Ingénieur des Mines.

Cette étude se compose de deux parties; dans la première, l'auteur s'occupe des oscillations du bâti d'une locomotive sur les ressorts, oscillations qui peuvent prendre, dans certains cas, une importance assez grande pour arriver à supprimer complètement la charge des roues.

Cette première partie est la seule qui soit traitée dans ce fascicule. Nous nous bornerons à en reproduire les conclusions.

Les oscillations du bâti d'une locomotive sur les ressorts, dépendent de la vitesse de marche et passent par un maximum pour certaines vitesses qui, souvent, sont précisément les vitesses usuelles des trains de voyageurs.

Les oscillations du bâti font varier considérablement, non pas tant la

charge s'appuyant sur les ressorts, mais les tensions de ceux-ci, c'est-à-dire finalement la pression exercée par les roues sur la voie. Cette pression peut, dans certains cas, se trouver réduite au simple poids de la roue.

L'ensemble des rails et des traverses peut alors être ripé par l'effet du mouvement de lacet, et si, dans ce dernier mouvement, le mentonnet vient exercer contre le rail une réaction latérale qui, multipliée par le coefficient de frottement, donne un produit supérieur à la pression verticale de la roue sur le rail, cette roue peut monter sur le rail et dérailler sans autre cause. On conçoit, d'ailleurs, que cette coïncidence de la décharge d'une roue avec le maximum d'adhérence du boudin au rail ne doive se produire que tout à fait accidentellement.

La stabilité d'une machine dépend d'un certain nombre d'éléments dont le rôle a été interprété dans l'étude dont il s'agit. On peut aisément comparer les divers types de locomotives au point de vue de la stabilité et on a les moyens de calculer les éléments constitutifs d'une locomotive, de façon que son maximum de stabilité corresponde à la vitesse de marche moyenne qui lui est assignée. L'auteur considère, d'ailleurs, que l'emploi du bogie à l'avant des machines a pour effet d'atténuer considérablement les oscillations du bâti d'une locomotive, et c'est en cela, d'après lui, que consiste, pour une bonne part, sa très réelle supériorité.

Conclusions de la première section de la **Commission des méthodes d'essai** des matériaux de construction.

Les conclusions de la première section qui a étudié les essais de métaux sont extraites du rapport général, présenté par MM. Baclé et Debray. Elles ont été adoptées par la Commission dans la séance plénière du 12 mai 1894. Comme le texte de ces conclusions n'occupe pas moins de quarante-six pages des Annales, nous ne pouvons que renvoyer à ce texte ceux de nos Collègues que la question intéresse.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin d'avril-mai 1896

Rapport sur **l'excursion en Suisse du Comité de mécanique**, les 12 et 13 juillet 1895, par M. Lanhoffer *(suite)*.

Il y a à Zürich, deux stations centrales de force pour les tramways, la Elektrisch Strassenbahn Zentrale et le Zentrale Zürichbergbahn, toutes les deux exécutées par la Société de Œrlikon. Ces deux stations travaillent avec un système qui, employé pour l'éclairage, ne paraît pas l'avoir été encore ailleurs pour tramways : c'est l'emploi de batteries d'accumulateurs fixes, travaillant parallèlement aux dynamos.

La seconde de ces stations est la plus intéressante parce qu'elle fonctionne aux moyens de moteurs à gaz pauvre.

Le profil de la ligne correspondante étant très accidenté, on peut admettre que, si la puissance moyenne absorbée par une voiture à la montée est de 12 *ch*, comme elle sera nulle à la descente, la moyenne pour le trajet complet pourra être compté à 6 *ch*. Dans ces conditions, on comprend que, suivant l'emplacement des différentes voitures, leur démarrage plus ou moins simultané, le courant débité par la station éprouvera des fluctuations considérables qui sont, évidemment, d'autant plus grandes que le nombre des voitures en service sera plus petit. La mission de l'accumulateur est de compenser ces fluctuations de façon que l'énergie fournie par les dynamos à l'ensemble des lignes et de la batterie reste sensiblement constante.

L'expérience indique que l'emploi des accumulateurs amène une économie de 1 *kg* par cheval-heure effectif. Avec 907 chevaux-heures et la houille à 32 *f* la tonne, l'économie annuelle est de 10 000 *f*. Les frais d'installation des accumulateurs étant de 37 000 *f* on voit qu'avec 5 0/0 d'intérêt et 5 0/0 de réparations, l'installation sera payée en cinq ans par les économies de combustible.

Le gaz pauvre qui alimente les moteurs est produit avec de l'anthracite dans des gazogènes système Hirzel. Il y a deux moteurs Crossley à un cylindre pouvant donner chacun 60 *ch*. Pour une force moyenne développée de 42,2 *ch*, la dépense d'anthracite belge est de 0,655 *kg* par cheval-heure effectif.

Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. — Rapport de M. WALTHER-MEUNIER, Ingénieur en chef, sur les travaux exécutés sous sa direction pendant l'exercice 1895.

Ce rapport contient, comme d'habitude, des renseignements intéressants sur les expériences faites sur des chaudières et des moteurs. Nous citerons, entre autres, les sujets suivants : contrôle du fonctionnement d'une batterie de générateurs, essais d'une machine avec différents degrés de surchauffe. Il s'agissait d'une machine compound à distribution Frikart qu'on a fait marcher d'abord sans surchauffe ensuite avec divers degrés de surchauffe. On a constaté que la consommation de la machine a diminué avec la surchauffe et avec l'augmentation de celle-ci dans le rapport de 7,51 à 6 *kg* de vapeur par cheval-heure. On a également constaté que, le grand cylindre donnant, sans surchauffe, un excédant de puissance de 17,6 0/0 sur le petit cylindre, cette différence diminue à mesure que la température de la surchauffe s'accroît il en résulte une amélioration notable au point de vue du fonctionnement. La température de la vapeur surchauffée a été au maximum de 284° à la sortie du surchauffeur. Ces résultats confirment ceux qui ont été obtenus par M. Schmidt avec ses moteurs à très grande surchauffe.

Un essai fait sur une machine compound de MM. Dujardin et Cie, de Lille, a donné, pour 695 *ch* indiqués, une consommation de vapeur de 6,52 *kg* par cheval indiqué et par heure.

Le chapitre des accidents contient des explosions de gaz dans les carneaux, l'explosion d'un surchauffeur dû à l'emploi de la fonte pour les caissons, une rupture d'arbre qui constate le fait singulier de la présence d'un arbre en fonte sur une machine de Woolf à balancier

construite en 1868, des coups d'eau, un cylindre défoncé par suite d'un négligence dans le montage, etc.

Sébastien Bottin en Alsace. — Notice biographique, par M. A Benoit.

Sébastien Bottin, le fondateur de l'*Almanach du Commerce* si conn et si répandu est né en Lorraine en 1764. Il eut une existence passable ment agitée. Prêtre avant la Révolution, il fut ensuite curé constitu tionnel et révolutionnaire exalté, pour devenir secrétaire général et pré fet intérimaire sous l'Empire, être décoré des propres mains du Duc d Berry à la première restauration, ce qui ne l'empêcha pas de se rallie à l'Empire aux Cent-Jours, et d'être destitué au second retour de Bourbons. Il acheta, en 1819, l'*Almanach du Commerce* fondé en 1796 pa de la Tynna et le développa considérablement. Il s'occupait égalemen d'archéologie. Bottin est mort presque pauvre en 1853 à l'âge de 89 an et son almanach a été acheté par la Maison Didot qui le fondit ave celui qu'elle publiait, pour faire la publication actuelle l'*Annuaire Alma nach du Commerce Didot-Bottin* qu'on désigne courramment sous le non de Bottin.

Note sur une **nouvelle synthèse de la parafuchsine** et de se dérivés mono, di, tri et tétraalcoylés, par M. M. Prud'homme.

Rapport sur les titres de M. A. Schlumberger à l'obtention d'un pri pour **l'invention d'une encre à marquer les tissus écrus** par M. E. Kopp.

Note sur un procédé pour **la fabrication de matières colo rantes violettes et bleues**, par MM. Jean-Rod, Geygi et Cie.

Rapport de M. de Montmollin sur un procédé dû à M. le professeu W. Weiler pour **la fixation des fils d'armature au collec teur des dynamos.**

Ce procédé consiste à fendre la pièce par laquelle on termine le col lecteur et à percer le logement des fils dans le plan de la fente, une vi de serrage tend à rétrécir cette fente et à pincer fortement les fils.

Cette disposition à l'avantage de donner une surface de contact plu grande, ce qui permet de serrer fortement sans risquer de couper o d'écraser les fils.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 25. — *20 juin 1896.*

Exposition d'électricité à Carlsruhe, par F. Uppenborn *(fin).*

Emploi de la vapeur surchauffée, par Chr. Eberle.

Procédés pour le tracé des courbes polytropiques, par A. Wagener.

Vitesse critiques des arbres tournant à un très grand nombre d tours, par Kirsch.

Groupe de Chemnitz. — Préparation de l'or en feuilles et du bronze pour couleurs. — La chaudière Dubiau.

Groupe de Francfort. — Instructions pour la construction et l'usage des ascenseurs. — Écoles de contremaitres.

Groupe de Wurtemberg. — Essais des matériaux destinés à la confection des conduites de vapeur à haute pression. — Installations électriques à Stuttgard.

N° 26. — *27 juin 1896.*

Recherches sur les récipients métalliques destinés à emmagasiner l'hydrogène comprimé, par A. Martens.

Concours pour la construction d'un pont-route fixe sur le Rhin, à Worms, par W. O. Luck *(suite).*

Question de l'aviation, par Zimmermann.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Superstructure métallique. — Expériences sur des conduites de vapeur. — Fabrication des aiguilles à Schwabach.

Groupe de Hambourg. — Le brisage de la glace que les procédés primitifs et la même opération actuellement par des bateaux brise-glaces à vapeur.

Groupe de Hanovre. — Écoles de contremaitres. — La fabrication de l'émeri et les moyens de protection applicables à cette industrie. — Appareil à courant d'eau pour le lavage des minerais aurifères.

Bibliographie. — Encyclopédie des sciences naturelles. — Physique, par A. Winkelmann.

Variétés. — Exposition nationale russe à Nijni-Novgorod. — Congrès international d'électro-technique.

N° 27. — *4 juillet 1896.*

École polytechnique fédérale de Zürich, par H. Leobuer.

Recherches sur les récipients métalliques destinés à emmagasiner l'hydrogène comprimé par A. Martens *(fin).*

Les machines agricoles à la neuvième exposition de la Société allemande d'agriculture, du 6 au 10 juin 1895, à Cologne, par Grundke *(suite).*

Calcul de la torsion des pièces de pont, par Hassler.

Groupe de Breslau. — Séparation des matières grasses des eaux de condensation.

Développement de l'Union des chemins de fer allemands en cinquante ans (1846-1896).

Bibliographie. — Dessin des machines, par A. Riedter.

BIBLIOGRAPHIE

Les locomotives suisses, par CAMILLE BARBEY. Ouvrage i lustré de 80 phototypies et 81 planches hors texte avec une carte d chemins de fer suisses. — Genève, Ch. Eggimann et Cie, libraires éd teurs, 1896. — Dépôt chez Baudry et Cie, 15, rue des Saints-Père Paris.

M. Camille Barbey, un de nos jeunes Collègues, a bien voulu offr à la bibliothèque de notre Société le magnifique ouvrage qu'il vient faire paraître et dont le titre est indiqué ci-dessus; nous nous faison un plaisir et un devoir de le signaler à l'attention de nos Confrères.

Cette étude, dit avec trop de modestie l'auteur, est une simple m nographie qui n'a d'autre but que de faire connaître les divers typ de locomotives employées sur les chemins de fer d'un pays en gran partie montagneux où le service de la traction se présente dans des co ditions toutes particulières.

Il est certain que le matériel des chemins de fer suisses offre, pe être plus que tout autre, un champ d'études extrêmement intéressant, ta par la variété des types que par l'adaptation, presque toujours rationnell qui en a été faite aux conditions de tracé et de trafic du réseau, rése qui atteint aujourd'hui 3 600 *km* en nombre rond et met la Suisse troisième rang dans le monde pour la longueur de ses voies ferrées p rapport à la population. On doit donc savoir beaucoup de gré à M. Barb d'avoir entrepris cette belle publication aussi intéressante par le suj et les développements qui lui ont été donnés que remarquable par s exécution matérielle.

Le mieux que nous puissions faire pour chercher à en donner u idée suffisante est de suivre l'auteur à travers les six chapitres qui con tituent l'ouvrage et de signaler, en passant, les points qui nous par tront devoir attirer plus particulièrement l'attention.

Le premier chapitre est consacré à un examen rapide du rése suisse, de son tracé, de son profil et leur influence sur les conditio d'établissement du matériel roulant des chemins de fer. Il ressort de examen que, plus que partout ailleurs, ce matériel doit présenter u puissance assez grande pour franchir les rampes, jointe à une gran flexibilité permettant le passage dans les courbes de petit rayon. Au n'est-il pas étonnant que la Suisse ait été de tout temps la terre pri légiée des machines articulées, depuis le système Engerth jusqu'a dispositions actuelles, et des avant trains mobiles, bogies et bissels ai que du matériel américain pour les voitures à voyageurs; une pratiq de plus de quarante ans, confirmée par des expériences récentes, indiq que ces dispositions étaient parfaitement justifiées et avaient été adopté en connaissance de cause.

Le chapitre deuxième traite des Compagnies de chemins de fer au nombre de quarante environ dont cinq grandes, si on donne ce nom à celles qui possèdent un développement d'au moins 100 *km*, savoir le Jura-Simplon J. S., le Central Suisse S. C. B., le Gothard G. B., le Nord-Est N. O. B. et l'Union Suisse V. S. B. Le développement de ces cinq réseaux atteint une longueur collective de 2 720 *km* dont 1 000 *km* environ pour le Jura-Simplon.

Quelques lignes sont consacrées à l'organisation de l'inspectorat technique du Département fédéral des postes et chemins de fer qui exerce la surveillance administrative et technique des Compagnies. Bien qu'il n'y ait en Suisse, de la part de la Confédération, ni subvention (le Gothard excepté) ni garantie d'intérêts, le contrôle n'en est pas moins d'une extrême sévérité. Ainsi aucune locomotive nouvelle ne peut être commandée sans que les plans aient été approuvés à Berne. On prétend (peut-être est-ce une légende) que certaine grande Compagnie française a plus de difficultés avec le contrôle fédéral pour les 15 *km* qu'elle possède sur territoire suisse que pour les 9 000 autres kilomètres de son réseau avec le contrôle français. Ce chapitre contient aussi la classification des locomotives telle qu'elle est établie par le Département des chemins de fer. Cette classification est basée sur une division ou un certain nombre de classes, neuf, désignées chacune par une lettre de l'alphabet accompagnée, comme indice, d'un chiffre indiquant le nombre d'essieux moteurs et de la lettre T si la machine a un tender séparé, par exemple A^2_T représente une locomotive express à deux essieux couplés à tender séparé et G^4 une locomotive-tender pour voie étroite, à quatre essieux moteurs.

On trouve dans le troisième chapitre indiqués les noms des ateliers qui ont fourni des locomotives aux chemins de fer suisses depuis l'origine. Ces ateliers sont au nombre de 19 dont 6 en Suisse, la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines à Winterthur, la fabrique Escher, Wyss et Cie, à Zurich, qui ne fait plus de locomotives depuis longtemps, la fabrique d'Aarau fermée aujourdhui et les ateliers du Nord-Est, du Central et de l'Union Suisse. Des 13 auautres constructeurs, il y en a 9 en Allemagne, 1 en Autriche et 3 en France. C'est après la Société de Winterthur, la Société Alsacienne de constructions mécaniques qui, soit sous sa forme actuelle, soit sous l'ancienne raison sociale André Koechlin et Cie, a fourni le plus de locomotives en Suisse.

Le quatrième chapitre étudie les locomotives pour voies normales principales à simple expansion, machines express, A, machines à voyageurs, B, machines à marchandises, C, et machines de montagnes D. L'auteur fait remarquer à ce sujet que la première désignation est un peu ambitieuse, car elle s'applique à des machines dont la vitesse maxima autorisée ne dépasse pas 70 *km*.

Le cinquième chapitre donne les locomotives à simple expansion pour voies normales secondaires, et le sixième les locomotives pour voies étroites; ces voies ont toutes l'écartement de 1 *m* à l'exception de celle de Waldenbourg qui a 0,75 *m*.

Le chapitre sixième est consacré à l'importante question des tives à crémaillère où on trouvera des détails de grand intérêt divers types de locomotives, soit à crémaillère seule, soit mix adhérence et crémaillère, employées sur diverses lignes de moı

Le chapitre septième traite des locomotives compound. Ce sy été fort bien accueilli en Suisse où le charbon est cher et cet semble indiquer que la locomotive compound y a justifié ses pré à l'économie de combustible. Commencée en 1888 par la transfor sur nos dessins, d'une locomotive du chemin de fer de la Sui dentale et du Simplon (aujourd'hui Jura-Simplon), cette app s'est développée à tel point que la Suisse est probablement actue le pays du monde qui compte la plus forte proportion de loco compound. Le Jura-Simplon va avoir cette année 20 0/0 de son dans ce système. Actuellement il y a 98 locomotives compound vice dont 69 à 2 cylindres, 1 à 3 et 28 à 4 cylindres, dont 27 nant à notre système articulé, sans compter le matériel en const C'est donc une proportion totale de 10 0/0 qui monte à 12 1/2 matériel des grandes compagnies. Cette proportion va s'élever ment l'année prochaine par la mise en service des nouvelles m actuellement en construction.

Le neuvième chapitre entre dans des détails intéressants sur q parties de l'exploitation technique, et notamment sur le dévelop qu'a pris en Suisse l'application de divers appareils concernant rité et le confort des voyageurs, tels que : 1° les freins continus indicateurs de vitesse ou tachymètres; 3° le chauffage à vapeur, 4° rage électrique; 5° les appareils d'intercommunication des trai les signaux.

On a employé en Suisse beaucoup de systèmes de freins conti jourd'hui on n'emploie plus, pour l'air comprimé, que le frein W house et le Wenger et, comme frein à vide (sur les lignes à voie que les freins Clayton et Smith Hardy. En somme 75 0/0 de to locomotives ont des appareils de freins continus dont 70 0/0 ont de automatiques. C'est une proportion considérable qui n'est guère d qu'aux États-Unis.

Ce chapitre se termine par quelques considérations sur la vit trains suisses. On s'est plu souvent à en faire un sujet de plais

Il est certain qu'il y a réellement des trains qui méritent le de *trains-limaces* qu'on leur donne dans le pays, mais en somme tesses sont, en général, raisonnables et à la hauteur de ce qui ailleurs dans les mêmes conditions. Il y a même des parcours quables à ce point de vue; ainsi, sur le Gothard, le trajet de Ro à Erstfeld, 67 *km*, est parcouru à la vitesse moyenne effective d à l'heure d'une façon ininterrompue malgré les rampes de 10 0/ courbes de 350 *m* de rayon.

L'abaissement de la vitesse moyenne est surtout attribuable au trop fréquents dus aux concessions des lignes subventionnées p foule de petites localités qui ont exigé ces arrêts comme condi leur concours financier.

Les distances ne sont pas bien considérables et une réduction d'une fraction d'heure sur un parcours n'a pas grande importance. Enfin la faible vitesse relative est rachetée par une sécurité proverbiale dont les deux terribles accidents de Moenchenstein et de Zollikofen survenus à quelques jours de distance, en 1891, n'ont pas réussi à compromettre la réputation.

Le chapitre dixième contient quelques conclusions. Ici nous trouverons à critiquer l'extrême modestie, déjà signalée, de M. Barbey qui exprime la crainte que ses lecteurs n'aillent pas jusqu'au bout de son livre. Nous pouvons l'assurer du contraire. Dès le premier examen de l'ouvrage, on ressent l'impression que l'auteur, pénétré de son sujet et le traitant *con amore* y a mis une chaleur et une conviction qui deviennent rapidement communicatives et rendent la lecture facile et agréable.

Les descriptions ne sont d'ailleurs nullement arides, elles sont très concises et accompagnées seulement d'une vue photographique donnant l'idée générale de la machine; le lecteur qui tient à approfondir l'étude de tel ou tel type, n'aura pour cela qu'à recourir à l'aide des élévations, plans et coupes donnés sur les planches hors texte.

Comme nous l'avons dit, l'exécution matérielle est luxueuse. Ce livre est d'ailleurs la première application de la phototypie à toutes les planches et illustrations d'un ouvrage technique, concernant les chemins de fer et la mécanique spéciale.

Nous indiquerons, en terminant, ce qui n'ajoute rien au mérite de l'ouvrage de M. C. Barbey, mais ne peut que recommander l'auteur à la sympathie des membres de notre Société, qu'il est le petit-neveu de deux grands ingénieurs dont le souvenir sera toujours présent parmi nous, Auguste Perdonnet et Daniel Colladon.

Pour la Chronique, les Comptes rendus
et la Bibliographie :
A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14052-7-96. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AOUT 1896

N° 8.

Mémoires contenus dans le bulletin d'août 1896 :

1° *Les Projets de l'Exposition de 1900*, par M. Ch. Labro, page 175;

2° *La Traction électrique des chemins de fer*, par M. E. de Marche page 201 ;

3° *Chronique* n° 200, par M. A. Mallet, page 320;

4° *Comptes rendus*, — page 333;

5° *Planches* nos 176 à 180.

NOTE

SUR

L'EXPOSITION UNIVERSELLE INTERNATIONALE

DE 1900

PAR

M. Ch. LABRO

ORGANISATION - CLASSIFICATION DES PRODUITS - LES PROJETS

ORGANISATION

Par décret en date du 13 juillet 1893, le gouvernement français décida qu'une nouvelle Exposition internationale aurait lieu à Paris en 1900. Il y avait à peine trois ans que l'Exposition de 1889 fermait ses portes, on était encore sous l'impression du spectacle imposant qu'elle avait laissée au monde. Le bruit qui courut alors qu'une puissance étrangère allait inviter les peuples à inaugurer le siècle futur causa une certaine surprise dans le monde parlementaire; cette nouvelle avança le projet de résolution de la nouvelle Exposition de Paris.

La France avait le droit de revendiquer l'honneur d'inaugurer solennellement le xxe siècle, d'autant plus que la périodicité des précédentes Expositions lui faisait un devoir d'organiser une Exposition universelle en 1900. (Précédemment, en effet, des Expositions eurent lieu tous les onze ans, en 1855, en 1867, en 1878 et en 1889. La date de 1900 s'imposait donc, elle fut adoptée.

Le 9 septembre 1893, un décret organisait les services de l'Exposition de 1900. Ces services, au nombre de sept, placés sous l'autorité du Ministère du Commerce, sont dirigés par un Commissaire général.

Ils comprennent : La direction générale de l'exploitation; la direction des services d'architecture; la direction des services de la voirie, des parcs et jardins; la direction des finances; le secrétariat général; le service du contentieux et le service des fêtes.

En outre, une Commission consultative et de contrôle, dite *Com-*

mission supérieure de l'Exposition, comprenant cent trente membres environ, est instituée au Ministère du Commerce.

Le 30 juillet 1894, le Commissaire général M. Picard soumettait à la signature du Président de la République un projet de règlement général pour l'Exposition universelle de 1900. Ce règlement définit l'organisation des comités départementaux, comités chargés de signaler les principaux artistes, agriculteurs ou industriels dont l'admission à l'Exposition semblera utile.

Il énumère les conditions d'admission des œuvres d'art et des produits industriels ou agricoles, ainsi que les conditions relatives à l'expédition, à la réception, à l'installation et à la réexpédition de ces œuvres et produits.

Il expose le régime d'exonération de droits au point de vue des douanes, des contributions indirectes et de l'octroi auxquels sont soumis les produits destinés à l'Exposition.

Il définit l'organisation du jury international qui comportera trois degrés de juridiction : jurys de classe, jurys de groupe, jury supérieur.

Il relate les conditions de protection des objets exposés, notamment l'interdiction de reproduire aucune œuvre d'art ou produit, et la responsabilité de l'administration en cas d'avarie des objets.

Enfin il réglemente le service des entrées, du catalogue, des concessions, etc.

Choix d'un emplacement.

Après avoir décrété et réglementé l'Exposition, il fallait s'occuper des moyens propres à la réaliser. La première question qui se posa fut celle du choix d'un emplacement. Le gouvernement nomma une Commission préparatoire, siégeant au Ministère du Commerce; elle eut pour mission d'examiner les nombreuses propositions relatives à ce sujet.

Les principaux emplacements examinés étaient au nombre de sept, savoir :

I. — Plateau de Courbevoie;
II. — Parc de Saint-Cloud;
III. — Bagatelle-Auteuil;
IV. — Auteuil-Champ de courses;
V. — Vincennes;
VI. — Auteuil-Boulogne-Issy;
VII. — Champ-de-Mars.

Les six premiers de ces emplacements constituèrent le groupe des Expositions extra-muros, le septième seul étant situé à l'intérieur de Paris.

Les emplacements extra-muros soulevèrent : 1° des objections particulières tirées des circonstances topographiques, des difficultés d'accès et des charges financières variables avec chaque localité; et 2° des objections d'ordre général communes à tous les emplacements.

Plateau de Courbevoie. — Le premier emplacement proposé, celui du plateau de Courbevoie, est situé à près de 1,5 *km* de la Seine; il fallait donc renoncer, si on l'adoptait, à créer une section fluviale et maritime, ce qui priverait la future Exposition d'un élément de pittoresque dont toutes les Expositions précédentes avaient tiré un grand parti. On perdrait, en outre, les facilités de transport par eau, si précieuses pour la classe la moins aisée, et tous les avantages à provenir de l'arrivage par le fleuve et du débarquement direct soit des matériaux de construction, soit des produits destinés à être exposés.

L'altitude du plateau, très favorable, il est vrai, au point de vue de la perspective et de l'aspect décoratif, deviendrait un nouvel obstacle au transport des matériaux.

L'emplacement, abordable de Paris par une seule avenue et un seul pont, ne pouvait être desservi que difficilement et dans une proportion très minime par les voitures.

Les dépenses par voies ferrées à créer étaient estimées à 30 millions, dont 20 n'ayant que l'intérêt momentané de l'Exposition.

Enfin le projet comportait l'acquisition, par voie d'expropriation, de terrains actuellement cultivés ou bâtis entraînant une nouvelle dépense d'au moins 10 à 12 millions.

Parc de Saint-Cloud. — L'emplacement n'est pas en contact direct avec la Seine et donne lieu, par suite, avec une légère atténuation motivée par la différence des distances au fleuve, aux mêmes observations que le précédent. — Dépenses pour voies ferrées à créer, 27 millions dont 7 au moins n'ayant que l'intérêt momentané de l'Exposition.

Il faudrait, en outre, pour établir l'Exposition sur cet emplacement, sacrifier quantité de grands arbres et détruire la beauté du parc.

Bagatelle. — L'emplacement très heureusement disposé embrasse dans son périmètre l'île de la Folie, une partie de celle de Puteaux

et un bras de la Seine long de 1 *km* environ, par contre, il est séparé de Paris par toute la largeur du bois de Boulogne.

Cette situation, même en envisageant le cas d'une Exposition fermée à 8 heures du soir, présente, à divers points de vue, et notamment à celui de la sécurité et de la moralité publiques, des inconvénients graves.

En outre, durant la période de construction et de remise en état des lieux (soit cinq ans, trois ans avant l'Exposition et deux ans après) l'arrivage et l'évacuation des matérianx eussent rencontré de grandes difficultés, à moins qu'on n'eût autorisé la circulation à travers le bois, ce qui n'était pas admissible. Les dépenses pour voies ferrées à créer s'élevaient à 37 millions dont 17 n'ayant que l'intérêt momentané de l'Exposition.

Auteuil (champ de courses). — Cet emplacement a été très appuyé devant la Commission. Par contre, il a soulevé de la part des représentants de la Ville des objections nombreuses.

La superficie en vue comprenait le champ de courses d'Auteuil, une importante partie du bois et une zone étroite de terrains s'étendant le long des fortifications jusqu'à la Seine.

Le choix de cet emplacement entraînait la destruction des collections des pépinières de la Ville et de 13 *ha* du bois de Boulogne. En outre, ce projet impliquait l'éviction de la Société des courses d'Auteuil, locataire de cette partie, en vertu d'un bail avec la Ville qui a encore quarante-six ans à courir.

Vincennes. — L'emplacement très vaste du polygone de Vincennes a plus de 200 *ha*, il est presque tout entier compris dans la portion du bois de Vincennes frappée de servitudes militaires; il n'est pas en contact direct avec la Marne; les exhibitions intéressant la batellerie et, en général, les arts de la navigation devraient se concentrer dans le périmètre tout à fait insuffisant du lac de Gravelle.

L'objection la plus grave contre ce projet est tirée des sommes considérables qu'il faudrait dépenser pour perfectionner, augmenter ou établir les moyens de transport nécessaires. La Compagnie de l'Est estime pour cela à 82 millions la dépense à prévoir.

Auteuil-Boulogne-Issy. — Le terrain proposé, à cheval sur les deux rives de la Seine, partie à l'intérieur, partie à l'extérieur du mur d'enceinte, affecte une mauvaise forme, tout en longueur, avec un renflement à l'extrémité, coupé en deux par la Seine qui prend ici une importance démesurée et ne laisse libre qu'un

triangle très allongé, de forme peu propice au groupement des installations principales de l'Exposition.

Ajoutons qu'il faudrait procéder à des expropriations dont le coût serait, au minimum, de 12 millions.

Telles sont les objections tirées des circonstances locales non en faveur des emplacements suburbains.

Il en est une autre d'ordre plus général.

Tous les auteurs de projets d'Exposition extra-muros ont fait valoir à l'appui de leur combinaison, l'ampleur des surfaces à occuper, la beauté du site choisi, la richesse du cadre qui les enveloppe, ils ne paraissent pas avoir songé qu'il ne suffit pas de faire une Exposition immense et magnifique, qu'il faut encore la remplir; ils n'ont pas assez compté avec les probabilités de recette.

Aucune Exposition ne peut espérer équilibrer son budget qu'à la condition de s'adapter aux habitudes et aux commodités de déplacement du plus grand nombre des visiteurs qu'elle prétend attirer. Le meilleur emplacement sera donc celui qui se trouvera le plus à la portée de deux millions et demi de Parisiens qui constitueront la clientèle la plus nombreuse de la future Exposition.

Est-il un seul des emplacements suburbains qui puisse, à cet égard, entrer en comparaison avec un emplacement choisi dans l'intérieur de Paris? Il suffit, pour se convaincre du contraire, de jeter un regard sur le tableau suivant des distances séparant chacun des emplacements proposés de la place du Palais-Royal, considérée comme centre de Paris.

Plateau de Courbevoie	7 800 *m*
Parc de Saint-Cloud	10 050 *m*
Bagatelle-Auteuil	7 000 *m*
Auteuil (Champ de courses)	6 300 *m*
Vincennes	7 700 *m*
Auteuil, Boulogne, Issy	6 250 *m*
Champ-de-Mars	3 400 *m*

A moins de dépenser des sommes énormes, on ne créera jamais assez de moyens de transport pour répondre aux nécessités qui se présenteront, si, comme on l'espère, le succès de l'Exposition de 1900 atteint ou même dépasse celui de l'Exposition de 1889. Les jours de grandes fêtes, à de certaines heures, où l'évacuation se fait en masse, on serait dans l'impossibilité de transporter en moins de deux ou trois heures les centaines de milliers de visiteurs qui sortiront au même moment des portes de l'Exposition.

Le Conseil municipal et le Conseil général de la Seine rep sèrent, en outre, tous les emplacements extérieurs comme judiciables à l'intérêt parisien; il fallut donc revenir aux en cements intérieurs et comme il n'est pas facile à Paris de tro une surface disponible d'une centaine d'hectares, fatalemen était ramené à l'emplacement de 1889.

Deux objections furent alors relevées contre cet emplacem d'abord parce qu'il était douteux d'établir dans ce cadre connu une Exposition qui ne parût pas une simple reprodu de ses devancières; ensuite il était insuffisant, car il fallait compte, en effet, de l'accroissement probable du nombre exposants et du prolongement du chemin de fer des Mouline qui diminuerait la surface disponible d'une partie du quai d'C et de l'Esplanade des Invalides.

Pour répondre à la première objection on pensa qu'en r complètement ou partiellement les constructions existantes y ajoutant les emplacements du Palais de l'Industrie et du C la-Reine, on renouvellerait l'aspect décoratif de l'Expositio Seine prenant alors un rôle prépondérant dans l'ensemble tique qu'on voulait créer. En outre, par cette adjonction, placement réunissait environ 108 *ha* au lieu de 82 qui furent lement utilisés en 1889.

La Commission préparatoire vota, le 13 novembre 1893, l'e sion à la rive droite et l'emplacement affecté à la future Expos comprit : le Champ-de-Mars, le Trocadéro et ses abords, le d'Orsay, l'Esplanade des Invalides, le quai de la Conférenc Cours-la-Reine, le Palais de l'Industrie et les terrains avoisi ce palais entre son axe longitudinal prolongé, l'avenue d'A et le Cours-la-Reine.

Peu après le vote de l'emplacement par la Commission p ratoire, un crédit de 100 000 *f* fut ouvert pour les dépenses concours.

Le programme donné aux concurrents demandait avant la conception d'un plan permettant de classer d'une ma rationnelle les divers groupes constituant l'ensemble des pro à exposer. Il fut basé sur une classification assez différent celle de 1889.

La recherche de cette classification à adopter pour 1900 l'objet de patientes études; nous examinerons brièvement, a de l'exposer, les systèmes de classification appliqués dan précédentes Expositions universelles.

CLASSIFICATION DES OBJETS EXPOSÉS

Systèmes de classification appliqués dans les précédentes Expositions universelles.

Deux méthodes principales ont été envisagées et discutées dans la classification des précédentes Expositions.

L'une consiste à réunir les produits d'une région, d'une collectivité ou d'un industriel. Elle a l'avantage de bien mettre en lumière l'ensemble des forces productives de la contrée, du groupe ou de la maison qui expose. Mais, poussée à l'extrême, elle cesse d'obéir à aucune pensée philosophique; elle rend presque impossible la comparaison des objets similaires; elle aboutit à une juxtaposition de produits bien plus qu'à une exposition raisonnée.

L'autre méthode consiste à assembler les produits suivant leur nature, leur destination, leur utilité, sans s'occuper de leur origine. Elle facilite les études comparatives, les rapprochements entre les diverses nations, les différentes contrées, les divers producteurs, pour des catégories déterminées d'objets. A cet égard, elle est incontestablement plus instructive et plus appréciée des visiteurs, dont l'attention se porte, dans la plupart des cas, d'une manière spéciale sur telle ou telle branche de la production.

De ces deux méthodes, c'est la seconde qui a toujours prévalu. Néanmoins, on a cherché autant que possible, surtout dans les premières Expositions, à ne point compromettre l'appréciation d'ensemble de la production des divers pays et à réaliser des groupements matériels, grâce auxquels les visiteurs pussent rapprocher, selon leur désir, soit tous les objets similaires sans distinction d'origine, soit une part plus ou moins importante des produits de toute nature exposés par un même pays.

Ce but a été atteint en 1867.

Le palais, de forme ovoïde, était divisé en zones concentriques, affectées aux groupes de produits similaires de tous les peuples, et en secteurs rayonnants, consacrés chacun à une nation.

En allant du milieu à la périphérie par l'un des secteurs, on voyait successivement la série des objets exposés par un même pays; au contraire, en suivant l'une des galeries concentriques, on pouvait étudier les produits d'un même groupe chez les différentes nations.

Malgré la substitution des formes rectilignes aux formes courbes en 1878, on respecta dans la mesure compatible avec les nécessités de la construction, le groupement matériel de 1867. Il suffisait de cheminer longitudinalement pour rencontrer toutes les classes d'un même groupe, ou transversalement pour voir tous les groupes d'un même pays.

Les installations de 1889 ont été nécessairement moins satisfaisantes à cet égard; elles occupaient, en effet, des espaces beaucoup plus étendus et comportaient la division des galeries entre un certain nombre de palais distincts. Néanmoins, on a encore cherché à réunir les produits de chaque pays par groupe ou par série de groupes.

En 1855, la classification comprenait huit groupes et trente classes; on y avait adjoint une galerie de l'économie domestique.

La classification de 1855 a été sévèrement jugée par M. Jules Simon. Elle présentait, en effet, des anomalies et des lacunes regrettables, surtout pour l'enseignement.

Plus rationnelle, la classification de 1867 comptait quatre-vingt-quinze classes réparties en dix groupes. Elle était basée tout à la fois sur des considérations philosophiques relatives aux différents besoins de l'homme, et sur les convenances de la distribution des objets dans les espaces disponibles.

L'une des innovations consistait en un concours ouvert « entre les établissements et localités qui avaient développé la bonne harmonie entre les personnes coopérant aux mêmes travaux et qui avaient assuré le bien-être matériel, intellectuel et moral ».

La classification de 1878, en grande partie calquée sur celle de 1867, comportait quatre-vingt-dix classes partagées entre neuf groupes.

En 1889, on ne s'est pas très notablement écarté du programme de 1878. Les œuvres d'art et les produits de l'industrie ou de l'agriculture ont formé quatre-vingt-sept classes et neuf groupes.

A l'Exposition universelle de Chicago, le numérotage des classes approchait du chiffre mille. Les objets exposés se répartissaient entre douze sections.

Ce classement péchait notamment par l'extrême morcellement des classes.

Défauts de la classification de 1889.

Revenons maintenant à la dernière classification française, celle de 1889, et voyons-en sommairement les défauts.

La répartition des objets entre les groupes ou les classes laissait à désirer. Certaines branches de production étaient ou mal placées ou morcelées, au grand détriment de leur exposition et de leur appréciation. Pourquoi mettre la parfumerie dans le mobilier; les armes, les objets de campement et la bimbeloterie dans le vêtement; les produits agricoles non alimentaires dans les industries extractives; l'hygiène, l'assistance publique, l'art militaire dans la mécanique; les poissons, les crustacés et les mollusques dans l'agriculture? Pourquoi séparer l'orfèvrerie et la bijouterie? Pourquoi rattacher à plusieurs groupes la chimie et les exploitations forestières? Pourquoi disséminer la corderie dans les classes de l'exploitation des mines, de la mécanique générale, de la navigation?

Divers éléments de l'activité humaine n'avaient qu'une place insuffisante. Tels, les arts décoratifs, qui se trouvaient partout sans être nulle part en vedette; telle aussi la chimie.

Le groupe le plus critiquable par son manque d'homogénéité et son étendue excessive était celui des industries mécaniques: on y voyait associés à l'ensemble des machines de l'industrie et de l'agriculture, le matériel des arts chimiques et de la pharmacie, l'électricité, les procédés du génie civil, l'hygiène, l'assistance publique, l'art militaire. Le groupe des industries extractives avait également le défaut de réunir des éléments fort disparates.

Il en résultait des inconvénients au point de vue de la clarté, du groupement et du travail des jurys.

L'un des défauts les plus sérieux de la classification de 1889 a trait à la division entre le matériel, les procédés et les produits.

Ainsi les produits de l'exploitation des mines, de la métal lurgie, des industries chimiques, de la pharmacie, du blanchiment, de la teinture, de l'impression, des apprêts, etc., étaient rangés dans le groupe des industries extractives, tandis que le matériel et les procédés correspondants trouvaient place dans le groupe de la mécanique. Cependant, comment juger un bloc de

houille sans savoir par quels moyens il a été extrait des entrailles de la terre? Comment apprécier un échantillon de carbonate de soude sans connaître les appareils et les manipulations d'où il est sorti? Comment établir une démarcation si profonde entre la teinture, l'impression ou les apprêts et les étoffes teintes imprimées ou apprêtées?

Le rapprochement entre le matériel, les procédés et les produits n'est pas de nature à créer des embarras pour les constructions, pour l'installation, pour la mise en mouvement des machines? Il suffira d'édifier des galeries appropriées à leur destination nouvelle et aptes à recevoir, non seulement des produits, mais encore du matériel. L'électricité, pour le transport de l'énergie, se prêtera à des combinaisons naguère irréalisables, fera disparaître les sujétions inhérentes à l'emploi des grands arbres de couche et des longues conduites de vapeur, permettra de transmettre la force sur tous les points de l'Exposition, supprimera l'obligation de grouper dans un même palais l'ensemble des appareils mécaniques.

Si les visiteurs sont privés du spectacle imposant qu'offrait à leurs yeux l'immense accumulation de l'ancienne galerie des machines, si l'effet grandiose de masse et de multiplicité dû à cet amoncellement est perdu pour eux, ils ne passeront plus du moins à côté des appareils sans en soupçonner l'objet et le fonctionnement; l'intérêt qu'ils attacheront dans leur visite à l'Exposition sera beaucoup plus vif.

Classification adoptée pour l'Exposition universelle de 1900.

On a pris, comme point de départ de la classification nouvelle, la classification de 1889, qui a été remaniée en tenant compte des critiques légitimes dont elle avait été l'objet, ainsi que des renseignements fournis par les Expositions étrangères.

En tête, se placent l'éducation et l'enseignement. Aussitôt après viennent les œuvres d'art.

La troisième place a été attribuée aux instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts.

Ensuite arrivent les grands facteurs de la production industrielle: matériel et procédés généraux de la mécanique; électricité, génie civil et moyens de transport.

Puis on passe au travail et aux produits superficiels ou souterrains de la terre : agriculture; horticulture; forêts, chasse, pêche, cueillettes; aliments, mines et métallurgie.

Plus loin se présentent : la décoration et le mobilier des édifices publics et des habitations; les fils, tissus et vêtements; l'industrie chimique; les industries diverses.

L'économie sociale, à laquelle ont été réservés des développements, devait venir naturellement à la suite des diverses branches de la production artistique, agricole ou industrielle : on y a joint l'hygiène et l'assistance publique.

Un groupe nouveau a été réservé à l'œuvre morale et matérielle de la colonisation.

Enfin la série se clôt par le groupe des armées de terre et de mer.

Le nombre total des groupes est de 18 et celui des classes de 120.

Pour mettre bien en lumière les arts décoratifs français, on leur a affecté plusieurs classes ou fractions de classes. C'est ainsi que le douzième groupe s'ouvre par une classe de la « Décoration fixe des édifices publics et des habitations ».

Partout le matériel et les procédés se trouveront en contact avec les produits. Des mesures seront prises pour que les machines et appareils fonctionnent sous les yeux du public, de manière à initier le visiteur aux différentes fabrications. Le public assistera aux transformations successives de la matière première jusqu'à l'achèvement de l'objet fabriqué. Il y aura là une leçon de choses éminemment instructive et attrayante.

A l'exposition contemporaine sera jointe une exposition retrospective centenale. Cette exposition, au lieu d'être concentrée comme en 1889 et de n'attirer ainsi que les érudits, sera répartie entre les groupes et les classes.

Chaque groupe et autant que possible chaque classe aura pour vestibule une sorte de petit musée où quelques repères convenablement choisis marqueront les principaux progrès réalisés depuis 1800.

Des expositions spéciales (expositions historiques de l'art ancien, expositions anthropologique et ethnographique, etc.), des concours (concours de machines agricoles, concours d'animaux vivants, etc.), des auditions musicales et des congrès seront organisés en 1900.

Les surfaces affectées aux divers groupes seront les suivantes :

Groupes.		Mètres carrés.
I.	Éducation et enseignement	12 000
II.	Œuvres d'art	50 000
III.	Instruments et procédés généraux des lettres, des sciences et des arts	20 000
IV.	Matériel et procédés généraux de la mécanique	29 000
V.	Électricité	18 000
VI.	Génie civil. — Moyens de transport	44 000
VII.	Agriculture	34 000
VIII.	Horticulture	7 000
IX.	Forêts. — Chasse. — Pêche. — Cueillettes	9 000
X.	Aliments	17 000
XI.	Mines. — Métallurgie	25 000
XII.	Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations	38 000
XIII.	Fils, tissus, vêtements	45 000
XIV.	Industrie chimique	15 000
XV.	Industries diverses	24 000
XVI.	Économie sociale. — Hygiène; assistance publique	5 000
XVII.	Colonisation	»
XVIII.	Armées de terre et de mer	»
	Total	392 000

Enfin, nous donnons ci-dessous le résumé de la classification générale des objets exposés :

Résumé de la classification générale.

Groupe I : *Classes de 1 à 6.* — Éducation de l'enfant; enseignement primaire; enseignement des adultes; — enseignement secondaire; — enseignement supérieur; institutions scientifiques; — enseignement des arts du dessin et de la musique; — enseignement spécial agricole, vétérinaire et forestier; — enseignement spécial industriel et commercial.

Groupe II : *Classes de 7 à 10.* — Peintures, cartons, dessins; — gravure et lithographie; — sculpture et gravure en médailles et sur pierres fines; — architecture.

GROUPE III : *Classes de 11 à 18.* — Typographie, impressions diverses; — photographie; — librairie, éditions musicales; reliure (materiel et produits); journaux; affiches; — cartes et appareils de géographie et de cosmographie; topographie; — instruments de précision; monnaies et médailles; — médecine et chirurgie; — instruments de musique; — matériel de l'art théâtral.

GROUPE IV (Mécanique) : *Classes de 19 à 22.* — Machines à vapeur. — machines motrices diverses; — appareils divers de la mécanique générale; — machines-outils à métaux et à bois.

GROUPE V (Électricité) : *Classes de 23 à 27.* — Production et utilisations mécaniques de l'électricité; — électrochimie; — éclairage électrique; — télégraphie et téléphonie; — applications diverses de l'électricité.

GROUPE VI (Génie civil, moyens de transport) : *Classes de 28 à 34.* — Matériaux, matériel et procédés de génie civil; — modèles, plans et dessins de travaux publics; — carrosserie et charronnage (véhicules autres que ceux des voies ferrées); — sellerie et bourrellerie; — matériel des chemins de fer et tramways; — matériel de la navigation de commerce; — aérostation.

GROUPE VII (Agriculture) : *Classes de 35 à 42.* — Matériel et procédés des exploitations rurales; — matériel et procédés de la viticulture; — matériel et procédés des industries agricoles; — agronomie; — statistique agricole; — produits agricoles alimentaires d'origine végétale; — produits agricoles alimentaires d'origine animale; — produits agricoles non alimentaires; — insectes utiles et leurs produits; — insectes nuisibles et végétaux parasitaires.

GROUPE VIII : *Classes de 43 à 48.* — Matériel et procédés de l'horticulture et de l'arboriculture; — plantes potagères; — arbres fruitiers et fruits; — arbres, arbustes, plantes et fleurs d'ornements; — plantes de serre; — graines, semences et plants de l'horticulture et des pépinières.

GROUPE IX (Forêts, chasse, pêche, cueillettes) : *Classes de 49 à 54.* — Matériel et procédés des exploitations et des industries forestières; — produits des exploitations et des industries forestières; — armes de chasse; — produits de la chasse; — engins, instruments et produits de la pêche; — aquiculture, engins, instruments et produits des cueillettes.

Groupe X (Aliments) : *Classes de 55 à 61*. — Matériel et procédés des industries alimentaires; — produits farineux et leurs dérivés; — produits de la boulangerie et de la pâtisserie; — conserves de viandes, de poissons, de légumes et de fruits; sucres et produits de la confiserie; condiments et stimulants; — vins, eaux-de-vie; — boissons diverses.

Groupe XI (Mines, métallurgie) : *Classes de 62 à 64*. — Exploitations des mines, minières et carrières; — grosse métallurgie; — petite métallurgie.

Groupe XII (Décoration et mobilier des édifices publics et des habitations) : *Classes de 65 à 74*. — Décoration fixe des édifices publics et des habitations; — vitraux; papiers peints; — meubles à bon marché et meubles de luxe; — tapis, tapisserie et autres tissus d'ameublement; — décoration mobile et ouvrages du tapissier; — céramique; — cristaux, verrerie; — appareils et procédés du chauffage et de la ventilation; — appareils et procédés d'éclairage non électrique.

Groupe XIII (Fils, tissus, vêtements) : *Classes de 75 à 85*. — Matériel et procédés de la filature et de la corderie; — matériel et procédés de fabrication des tissus; — matériel et procédés du blanchiement, de la teinture, de l'impression et de l'apprêt des matières textiles à leurs divers états; — matériel et procédés de la couture et de la fabrication de l'habillement; — fils et tissus de coton; — fils et tissus de lin, de chanvre, de jute, de ramie et d'autres fibres végétales; — produits de la corderie; — fils et tissus de laine; — soies et tissus de soie; — dentelles, broderies et passementeries; — industries de la confection et de la couture pour hommes, femmes et enfants; — industries diverses du vêtement.

Groupe XIV (Industrie chimique) : *Classes de 86 à 90*. — Arts chimiques et pharmacie; — fabrication du papier; — cuirs et peaux; — parfumerie; — manufactures de tabac et d'allumettes chimiques.

Groupe XV (Industries diverses) : *Classes de 91 à 99*. — Papeterie; — coutellerie; — orfèvrerie; — joaillerie et bijouterie; — horlogerie; — bronze, fonte et ferronnerie d'art, métaux repoussés; — brosserie, maroquinerie, tabletterie et vannerie; — industrie du caoutchouc et de la gutta-percha; — objets de voyage et de campements; — bimbeloterie.

Groupe XVI (Économie sociale, hygiène, assistance publique): *Classes de 100 à 111.* — Apprentissage, protection de l'enfance ouvrière; — rémunération du travail, participation aux bénéfices; — grande et petite industrie, association coopérative de production ou de crédit, syndicats professionnels; — grande et petite culture, syndicats agricoles, crédit agricole; — sécurité des ateliers, réglementation du travail; — habitations ouvrières; — sociétés coopératives de consommation; — institutions pour le développement intellectuel et moral des ouvriers; — institutions de prévoyance; — initiative publique ou privée en vue du bien-être du citoyen; — hygiène individuelle, des habitations, assainissement des villes; — eaux minérales et sanatoria; — assistance de l'enfance, des adultes, des aveugles, etc.

Groupe XVII (Colonisation) : *Classes de 112 à 114.* — Procédés de colonisation; — matériel colonial; produits spéciaux destinés à l'exportation dans les colonies.

Groupe XVIII (Armées de terre et de mer) : *Classes de 115 à 120.* — Armement et matériel de l'artillerie; — génie militaire et services y ressortissant; — génie maritime, travaux hydrauliques; — torpilles; — cartographie, hydrographie, instruments divers; — services administratifs; — hygiène et matériel sanitaire.

LES PROJETS

Peu après le vote de l'emplacement par la Commission préparatoire, un crédit de 100 000 *f* fut ouvert pour les dépenses d'un concours. Le programme donné aux architectes indiquait les surfaces nécessaires pour les divers groupes d'objets, il exposait la classification générale.

Les architectes français furent invités à présenter leurs projets pour l'Exposition universelle de 1900. Ce n'était pas un concours d'exécution, mais un concours destiné à suggérer des idées nouvelles pour la disposition générale des bâtiments, parcs et jardins, etc.

Le délai pour remettre les projets fut de quatre mois; le nombre des concurrents fut de cent vingt, cent huit projets répondant aux prescriptions du concours purent être présentés au jury.

La forme du terrain affecté à l'Exposition se prêtait peu à une composition d'ensemble; occuper l'Esplanade des Invalides, les

Champs-Élysées, le Champ-de-Mars et les jardins du Trocadéı ainsi que les quais de la Seine sur la rive droite et sur la riv gauche entre ces points extrêmes par des constructions homo gènes, mettre en valeur les services principaux et donner à ce ensemble un caractère d'unité, sans tomber dans la monotoni était un problème difficile à résoudre.

Le concours produisit heureusement assez d'éléments diver et montra une fertilité collective d'imagination très riche. Malgr cela il se dégage de l'ensemble des projets, l'impression d'un analogie trop grande avec les aspects des précédentes Expositions

L'effort de la plupart porta sur les rives de la Seine et le abords du Cours-la-Reine. Quelques-uns avaient tenté des arran gements plus ou moins heureux du Palais de l'Industrie, un vingtaine environ, profitant hardiment des facultés données pa le programme, avaient prévu l'ouverture d'une nouvelle avenu dans l'axe de l'Esplanade des Invalides et aboutissant aux Champs Élysées. Cette solution entraînait la démolition du Palais de l'In dustrie que plusieurs concurrents proposaient de remplacer pa deux palais en bordure sur la nouvelle avenue.

Les opérations du jury ont été résumées dans un rapport remar quable de M. Guadet. L'éminent architecte appelle notammen l'attention du gouvernement sur la beauté artistique de la nou velle avenue et l'embellissement de Paris qui en résulterait.

Il y eut dix-huit projets primés.

Sur ces dix-huit projets :

Douze conservaient la tour Eiffel;

Neuf conservaient la Galerie des Machines;

Trois conservaient les Palais des Arts;

Dix conservaient le Palais de l'Industrie.

Les trois premières primes furent attribués à MM. Girault, Hé nard (Eugène), Paulin.

Nous décrirons leurs projets car le plan général adopté pou l'Exposition universelle de 1900 est, en grande partie, leu résultante.

Projet Hénard.

Dans son projet, M. Hénard réunissait au Champ-de-Mars le éléments qui constituent la vie matérielle; l'aspect de la Galeri des Machines était modifié en supprimant huit travées centrales

remplacées par une coupole de 100 *m* de diamètre; les fermes supprimées étaient d'ailleurs utilisées; transportées perpendiculairement à l'édifice, dans l'axe longitudinal, elles venaient former une grande galerie. La partie haute de la tour Eiffel était remplacée par une flèche avec horloge. Au centre des nouvelles constructions du Champ-de-Mars s'élèverait un édifice d'attractions spéciales, sorte de palais des Illusions comprenant une salle hexagonale à parois de glace; tous les effets décoratifs et de lumière produits dans cette salle seraient réfléchis à l'infini et les spectateurs éblouis auraient comme la sensation d'un rêve féerique. Les jardins du Trocadéro étaient réservés aux colonies. Le long des berges de la Seine se trouvaient les pavillons des industries diverses, ainsi qu'une exposition flottante. L'Esplanade était réservée à l'électricité et à l'horticulture. Enfin ce projet était surtout l'affirmation de cette idée, issue du concours : la percée complète allant de l'avenue des Champs-Élysées à l'Esplanade, cette idée séduit par une beauté artistique qui ne peut se nier. Le rond-point d'où s'apercevraient ces splendides perspectives, l'Arc-de-l'Étoile, la place de la Concorde et la coupole des Invalides, serait unique et admirable, cette combinaison assurerait la conservation perpétuelle de l'Esplanade des Invalides annexée désormais aux Champs-Élysées, ainsi que l'unité des deux rives de la Seine.

La création de cette avenue monumentale a, en outre, l'avantage de préserver l'Esplanade de l'envahissement dont elle est menacée par le chemin de fer des Moulineaux et de mettre en communication directe le centre du VIII[e] arrondissement avec la nouvelle gare des Invalides.

A côté de cette perspective, qui est une des principales attractions du projet, il était établi un autre aspect décoratif dans l'axe de la Seine; se servant des puissants moyens dont on dispose aujourd'hui, M. E. Hénard se proposait de donner un caractère absolument nouveau au pont triomphal reliant les deux rives, en y ajoutant des effets d'eau comme on a tenté d'en réaliser au XVII[e] siècle. Le Palais de l'Industrie supprimé était remplacé du côté de l'avenue d'Antin par un nouveau palais des Beaux-Arts, englobant les magnifiques arbres du Jardin de Paris, lesquels constitueraient, après la clôture de l'Exposition, le noyau d'un jardin d'hiver accessible au public.

Projet Girault.

Le projet de M. Girault était caractérisé par la réunion de toutes les classes d'un même groupe dans un édifice spécial. Cette heureuse innovation, créant autant de palais que la classification comporte de groupes, donnerait l'aspect le plus nouveau à la future Exposition; chaque palais, par sa construction et sa décoration au dedans, au dehors et autour, squares et jardins, présenterait un caractère en harmonie avec sa destination. On conçoit quel champ cette méthode ouvrait à l'imagination des constructeurs et quelle source d'émulation résulterait de cette sorte d'autonomie, laissant chaque groupe libre de chercher ce qui serait le plus utile pour la mise en relief de ses œuvres ou de ses produits; avec ce système, le programme nouveau de classification élaboré recevrait tout son développement et deviendrait vraiment une attraction et un enseignement par l'adjonction opportune d'un peu de rétrospectivité ménagée au centre de chaque palais, sous forme de musée; de plus, l'extérieur ayant l'avantage de traduire bien exactement la classification des groupes, le visiteur se dirigerait plus facilement, et au lieu de se traîner péniblement au travers de galeries interminables, il ne verrait que ce qu'il voudrait voir, et ne serait pas troublé par la foule qui traverse avec indifférence un groupe comme un passage. On a tenu compte dans la mesure du possible de ces indications dans le plan définitif. L'inconvénient de ce projet c'est que ce lotissement par palais séparés pour chaque groupe aurait exigé des surfaces plus considérables que celles dont on disposait.

La Galerie des Machines était maintenue dans ce projet; on conçoit l'importante économie réalisée par la conservation d'une surface de 61 000 mètres dont l'aspect peut d'ailleurs être modifié.

Projet Paulin.

Ce projet réalisait le mieux l'art d'accommoder les restes de ce que fut l'Exposition de 1889; il conservait en effet la totalité des anciennes constructions, en y apportant toutefois d'importantes modifications d'aspect.

La Seine, considérée comme artère principale, recevait sur ses deux rives, une série de palais d'une décoration orientale très séduisante et dont le pied reposait jusque dans l'eau, la valeur des édifices était ainsi doublée par le reflet; cette partie du

fleuve offrirait le charme et le pittoresque du grand canal de Venise, et le soir, entre le pont d'Iéna et celui des Invalides, on jouirait d'un coup d'œil vraiment féerique; de nombreux moyens de communication et de transport s'y trouvaient aménagés, contribuant par leur mouvement à l'animation de cette sorte de ville flottante. Comme nous allons le voir, cette partie du projet a été prise en considération dans la conception du plan définitif. M. Paulin reliait les Champs-Élysées à l'Esplanade par un pont triomphal, aux dômes étincelants qui venait se raccorder avec le Palais de l'Industrie.

Le concours terminé, il fallait préparer l'avant-projet de l'Exposition; sous la haute direction de M. Bouvard, directeur des services d'architecture, on chercha à coordonner et à compléter les éléments donnés par le concours; la distribution méthodique des divers groupes fut arrêtée, et depuis elle a été unanimement louée. Le Cours-la-Reine fut affecté aux beaux-arts proprement dits, l'Esplanade aux arts décoratifs, les deux rives de la Seine à l'horticulture et aux pavillons des puissances étrangères, le Champ-de-Mars à l'électricité, à la grande industrie et à l'agriculture, les pentes du Trocadéro à l'exposition coloniale.

L'entrée principale de l'Exposition aura lieu près la place de la Concorde, sur le quai de la Conférence, par une porte monumentale ornée de grands pylônes décoratifs.

Une entrée d'honneur sera réservée dans les Champs-Élysées, au droit du Palais de l'Industrie dans l'axe du nouveau pont; elle ouvrira la nouvelle avenue; à droite et à gauche de cette entrée seront situés les deux Palais des Arts édifiés à la place du Palais de l'Industrie qui sera démoli.

Pendant l'Exposition universelle de 1900, le Grand Palais sera attribué à l'exposition contemporaine et à l'Exposition centenale des œuvres d'art (peinture, sculpture, gravure, architecture) ainsi qu'à l'enseignement spécial artistique. L'exposition centenale comprendra une série de salons où seront groupés les chefs-d'œuvre des beaux-arts et ceux des arts décoratifs, aux époques caractéristiques du siècle. Les surfaces disponibles au rez-de-chaussée et à l'étage s'élèveront ensemble à 40 000 m^2 au minimum.

Après 1900, le Palais sera principalement affecté aux Salons annuels des Beaux-Arts; il servira en outre aux concours agricole et horticole, au concours hippique, ainsi qu'aux expositions, fêtes ou concours divers.

Il contiendra une salle de concerts et d'auditions musicales avec fauteuils, stalles et gradins pour 1 500 auditeurs environ.

Le montant des travaux pour ce Palais est évalué à seize millions.

Le Petit Palais recevra l'exposition rétrospective de l'art français. Les surfaces disponibles au rez-de-chaussée et à l'étage s'élèveront ensemble à 7 000 m^2 au minimum.

A partir de 1901, ce palais sera approprié à destination de musée d'œuvres d'art, avec salles pour expositions temporaires, concours ou examens...

Le montant des travaux est évalué à 4 millions.

La nouvelle avenue se prolongera par un pont de 60 *m* de largeur qui donnera accès direct dans le milieu de l'Esplanade des Invalides. Un grand parc de forme ovale avec fontaine monumentale frappera d'abord les yeux des visiteurs, latéralement à ce parc deux galeries longitudinales seront réservées à l'enseignement : enseignement primaire secondaire, supérieur, industriel et commercial; institutions scientifiques... Ensuite, une série de galeries transversales, flanquées de pavillons d'angles allant jusqu'à l'Hôtel des Invalides, comprendront :

Les manufactures nationales, le mobilier, la céramique, les vitraux, la cristallerie, les papiers peints.

Puis les industries diverses :

Papeterie, coutellerie, bijouterie, bronzes d'art, maroquinerie, etc.

Ces galeries transversales donneront dans une avenue centrale, interrompue au milieu par un square planté d'arbres avec fontaine jaillissante.

Revenant aux quais, nous voyons qu'immédiatement après le pont de la Concorde, la Seine entrera dans l'enceinte de l'Exposition; sur ses rives, au premier plan, s'élèveront des phares en forme de tourelles qui, le soir, jetteront des feux multicolores. Des quais, l'accès des berges aura lieu par des portiques, des terrasses étagées et des escaliers.

Puis le nouveau pont des Invalides, pont métallique de 60 *m* de largeur environ aux extrémités duquel et de chaque côté s'élèveront des pylônes surmontés de statues allégoriques. Aux angles du pont, quatre dômes surmonteront des bâtiments arrivant à niveau des berges au rez-de-chaussée, et au niveau des quais au premier étage.

Entre le pont des Invalides et le pont de l'Alma, sur la rive

droite, les expositions de l'horticulture et de l'arboriculture seront renfermées dans un pavillon de 225 *m* sur 35 *m* de largeur environ. L'architecture de ce palais est inspirée du type des grandes serres. Il sera formé d'une série de galeries légères à toitures vitrées.

Au centre de la construction, un corps de bâtiment plus élevé sera recouvert d'un dôme vitré; cette partie se trouvera située au centre des galeries, en arrière du portique monumental par lequel on accédera à cette large coupole. Elle sera plus spécialement réservée à l'arboriculture, les groupes d'arbres y seront disposés au milieu de grottes et de fontaines jaillissantes.

Entre le pont des Invalides et le palais de l'horticulture, on rencontrera le pavillon de la Ville de Paris.

Près du pont de l'Alma, nous trouverons le bâtiment des congrès et de l'économie sociale.

Sur la rive gauche, suivant une largeur de 70 *m*, seront placés tous les palais et pavillons des puissances étrangères :

Allemagne, Belgique, Russie, Autriche, Italie, Espagne, Portugal, etc. Les pavillons des États et des Républiques américaines : Bolivie, Brésil, République argentine, etc. Tous ces palais seront accessibles par les quais au premier étage. Soutenues par une rangée de portiques, des terrasses venant en encorbellement sur les berges longeront la Seine. Le public de chaque rive circulant sur ces terrasses verra alors un superbe panorama qu'encadrera l'immensité du fleuve; une passerelle suspendue partant du centre de ce groupe, aboutira à la porte monumentale du palais de l'horticulture.

Sous ces portiques, au rez-de-chaussée, des cafés-restaurants magnifiquement décorés, de style mauresque, illuminés le soir de feux multicolores, donneront à toute cette partie le charme et le pittoresque du grand canal de Venise.

Entre le pont de l'Alma et le pont d'Iéna, cette perspective se continuera sur la rive droite par des terrasses de circulation et sur la rive gauche par les pavillons des armées de terre et de mer.

A droite et à gauche du pont d'Iéna seront disposés les pavillons de la marine marchande et celui des forêts, chasse, pêche et cueillette.

Les pavillons de la guerre et de la marine seront reliés à la rive droite par une passerelle suspendue, ce qui portera à deux le nombre des passerelles jetées sur la Seine, outre le nouveau pont des Invalides.

Le Champ-de-Mars sera réservé à l'industrie et à l'agriculture.

La tour Eiffel restera avec ses restaurants au premier étage et son observatoire au sommet.

Entre les piliers de la tour, au centre, une fontaine sera disposée.

Le jardin central du Champ-de-Mars représentant la grande cour intérieure de l'Exposition mesurera 150 *m* de largeur sur 500 *m* de longueur.

Les palais en bordure sur ce jardin comprendront, au premier étage des terrasses accessibles à la circulation qui permettront de jouir de la vue d'ensemble du jardin central et, le soir, de contempler les illuminations.

A l'extrémité du jardin sera construit un immense château d'eau avec fontaines lumineuses.

Dans le fond du jardin, au centre, un vestibule monumental formera l'entrée du palais de l'électricité, palais attenant d'une part à l'ancienne galerie des machines et, à droite et à gauche, aux nouveaux palais industriels.

La galerie des machines de l'Exposition de 1900 ne sera pas modifiée comme construction, mais la décoration en sera plus riche, une magnifique salle de fêtes sera construite au premier étage, dans la partie centrale de l'immense hall. Toute cette galerie sera réservée à l'agriculture.

Les nouveaux palais industriels en bordure sur les avenues de La Bourdonnais et Suffren, comprendront, à droite : l'alimentation, le génie civil, et les moyens de transport; la mécanique et l'industrie chimique; à gauche : les mines et la métallurgie; les fils, tissus et vêtements; les instruments des lettres, sciences et arts.

Tous ces produits seront disposés dans deux groupes de galeries transversales, chaque groupe de galerie aboutira latéralement dans un hall longitudinal. Dans ces deux halls latéraux on disposera les machines et appareils de fabrication des produits exposés exactement en face dans les galeries transversales correspondantes; de cette manière, en parcourant les palais transversalement, on visitera tout ce qui se rapporte aux produits d'un même groupe ainsi qu'à ses procédés de fabrication, tandis qu'en parcourant les palais dans les deux halls latéraux, on visitera, pour ainsi dire, deux sortes de galeries de machines, contenant les appareils de production.

Enfin, au Trocadéro, on réunira les palais exotiques.

Les colonies et les pays de protectorats seront largement représentés :

L'Algérie, la Tunisie, l'Annam, le Cambodge, le Tonkin, Madagascar, etc., auront leurs pavillons spéciaux.

Cet immense espace sera desservi par un chemin de fer circulaire à doubles voies étroites.

Le parcours sera divisé en cinq tronçons aboutissant à une station.

Ce chemin de fer suivra à niveau le Champ-de-Mars le long de l'avenue de Suffren, passera en tranchée sur le quai devant la tour Eiffel, puis arrivera en viaduc devant le pont de l'Alma et le pont des Invalides pour se retrouver à niveau à l'Esplanade des Invalides. Il suivra l'Esplanade dans toute sa longueur, franchira ensuite, en voies suspendues sur fermes entretoisées, l'avenue de La Motte-Picquet pour aboutir en viaduc au premier étage de la galerie des machines, à la salle des fêtes.

Objections aux projets.

Ces projets soulevèrent quelques objections; la création de la nouvelle avenue aboutissant au Palais des Invalides fut discutée, on prétendit que la perspective espérée ne serait pas réalisée. On releva les cotes de niveau et on reconnut que dans l'hypothèse la plus défavorable — celle d'un pont à une seule arche et, par conséquent, avec la flèche maximum — le promeneur passant au milieu de l'avenue des Champs-Élysées apercevrait la presque totalité du Palais des Invalides; sur 105 *m* de hauteur, 1,74 *m* seulement lui serait caché au pied du monument. Les arbres de la cour extérieure masquent davantage, soit près de 3 *m* de hauteur. Avec le pont à deux arches et pile au milieu, le promeneur apercevrait la totalité du bâtiment.

Il était nécessaire, pour créer cette perspective, de démolir le Palais de l'Industrie.

Ce projet de démolition souleva encore des objections, la construction du Palais en avait provoqué davantage.

Autrefois, le carré Marigny était un des coins de Paris les plus agréables, une avenue prolongeant l'axe de l'Esplanade aboutissait au quai et ouvrait la perspective qu'on veut aujourd'hui rétablir.

Le Palais de l'Industrie, qui fut édifié pour l'Exposition de 1855, vint couper la perspective de toute cette partie des Champs-Ély-

sées par sa silhouette lourde. Aussi, est-ce une conception artistique que celle de transformer le Cours-la-Reine en démolissant l'ancien Palais massif pour édifier un Palais des Beaux-Arts de silhouette plus heureuse.

La création de la nouvelle avenue, une fois acceptée, il fallut s'occuper de la construction des deux palais des Champs-Élysées qui doivent s'élever en bordure sur cette nouvelle voie.

L'administration de l'Exposition mit ces deux palais au concours entre les architectes français.

Une soixantaine d'artistes répondirent à cet appel.

Le programme donné pour le grand palais attribua à cet édifice l'exposition contemporaine et l'exposition centenale des œuvres d'art. Il sera édifié sur un terrain de forme irrégulière.

L'emplacement désigné figure un double T à axe brisé, disposé entre deux avenues non parallèles.

Le relief des bâtiments devait être déterminé de manière à ne pas altérer les grands effets de vues, vers l'ouest de Paris.

Outre la destination principale de l'édifice qui devait être celle d'un palais des beaux-arts, il devait se prêter, après l'Exposition, aux attributions les plus diverses auxquelles s'est prêté le Palais de l'Industrie actuel.

Le petit palais sera destiné à l'Exposition rétrospective de l'Art français.

Les résultats du concours furent les suivants :

Pour le grand palais.

M. Louvet eut une première prime (15 000 *f*);
MM. Deglane et Binet une deuxième prime (12 000 *f*);
M. Thomas une troisième prime (8 000 *f*);
M. Girault une quatrième prime (6 000 *f*);
M. Troppey-Bailly une cinquième prime (5 000 *f*).

Ont été classés ensuite les projets de MM. Paulin, Esquié, Gautier et Blavette.

C'est son plan qui a valu à M. Louvet la première place.

L'idée qui ressort de son projet, c'est la création d'une nef transversale, normale à la nef longitudinale à laquelle elle se raccorde; toutes les parties du palais jusqu'à l'avenue d'Antin sont ainsi largement ouvertes. La communication des deux ailes a été sacrifiée, il est vrai, mais judicieusement.

La salle de concerts, exigée au programme, a sa place à l'extré-

mité droite du bâtiment du fond, suivant les circonstances, elle pourrait être isolée ou reliée avec la nef transversale.

Le défaut de ce projet porte particulièrement sur la façade : l'entrée qui devrait être monumentale manque d'ampleur. La façade est lourde.

La disposition des grands escaliers entraîne un remaniement du terrain qu'on aurait pu éviter, malgré cela le jury a pensé que la disposition heureuse du plan primait tout, il a eu raison, le plan est la véritable base de toute conception architecturale.

Le projet de MM. Deglane et Binet offre une bonne disposition de plan. La disposition d'ensemble est analogue au projet précédent, l'entrée monumentale est plus triomphale, le dôme qui la surmonte est d'un très bon effet, il rompt franchement avec la classique monotonie des autres projets; la silhouette heureuse de l'ensemble éviterait l'aspect massif qu'offrira inévitablement tout projet ne comportant pas de dôme élancé.

Le projet de M. Thomas, l'architecte actuel du Palais de l'Industrie qui a obtenu la quatrième prime, est caractérisé par la disposition d'une grande salle de concert séparant la grande piste des expositions disposées sur l'avenue d'Antin. La façade, assez dégagée, est composée latéralement par deux colonnades de belle allure.

Dans le projet de M. Girault, trois arcades monumentales donnent accès à la grande nef; ces ouvertures, un peu exagérées, donnent cependant à l'entrée un aspect grandiose. Elles sont, malheureusement, surmontées de trois petits dômes qu'on retrouve dans la plupart des conceptions de M. Girault et qui écrasent l'aspect monumental des arcades d'entrée. Les ailes, assez élégantes, à côté du projet de MM. Deglane et Binet, manquent véritablement d'ampleur.

Le projet de M. Troppey-Bailly bien étudié est bien classique, son aspect massif nous rappellerait trop le Palais de l'Industrie qu'on veut supprimer.

Nous arrivons au petit Palais.

Le premier projet primé est dû à M. Girault. Les qualités de grâce et de finesse de cet artiste qui n'avaient pu se manifester complètement dans un projet monumental comme celui du grand Palais, ont ici toute leur valeur.

Son Palais comprend un étage sur soubassement élevé, un jardin demi-circulaire avec, au pourtour, des doubles galeries

destinées à la peinture et la sculpture, l'ensemble offrant l'aspect séduisant d'une villa romaine qu'abriterait les massifs de verdure du Cours-la-Reine. L'exécution de l'édifice sera confiée à son auteur.

Pour qu'il y ait plus d'unité et d'harmonie dans la conception définitive des deux palais des Champs-Élysées, l'administration de l'Exposition de 1900 a pensé qu'il convenait de nommer un architecte unique.

M. Girault, artiste délicat et original, a été choisi.

La mise au point du grand Palais se fera sous la haute direction de M. Bouvard, Directeur des services d'architecture.

L'agence relative à la construction du grand Palais sera dirigée par M. Girault qui aura pour principaux collaborateurs MM. Louvet, Deglane et Thomas.

Les travaux commenceront vers le 1er octobre par les Champs-Élysées; en ce moment les études se poursuivent.

Pour éviter tout encombrement au Cours-la-Reine, les matériaux arriveront par la Seine et seront transportés jusqu'aux chantiers des Champs-Élysées par un tunnel reliant la rive droite de la Seine au Palais de l'Industrie.

La démolition de ce palais commencera par la partie contiguë à l'Avenue d'Antin.

Des palissades et grilles en bois entrelacées de plantes grimpantes préserveront les promeneurs des Champs-Élysées de la vue peu agréable d'un chantier de démolition.

L'exécution de ces projets entraînera une dépense de 100 millions.

L'État y contribuera pour une somme de 20 millions. Le Conseil municipal qui, en 1889, avait donné une subvention de 8 millions de francs seulement, a porté cette fois sa subvention à 20 millions de francs. 60 millions ont été demandés à une émission de bons à lots, avec tickets d'entrée et réduction du prix des voyages sur les chemins de fer français.

Un syndicat de garantie formé par les grands établissements financiers, dans leur clientèle, a réuni deux fois plus de capitaux qu'il n'était nécessaire.

La réalisation de *ce grand projet* est donc actuellement assurée.

Comme on a pu s'en rendre compte par cette description, son exécution conduira à des merveilles, et il n'est pas douteux que la nouvelle Exposition ne soit au moins aussi grandiose que celle de 1889.

LA
TRACTION ÉLECTRIQUE
DES CHEMINS DE FER[1]

PAR

M. E. de MARCHENA

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE PREMIER

§ 1. — La première idée de l'application de l'électricité à la traction des chemins de fer est déjà relativement ancienne. On peut dire qu'elle a surgi aussitôt les mémorables expériences de M. Fontaine démontrant la réversibilité des dynamos et la possibilité de la transmission de la force par l'électricité.

Déjà en 1883, MM. Field et Edison, exposaient une première locomotive électrique à l'Exposition des Chemins de fer de Chicago. En 1885, M. Daft construisit une locomotive très remarquable pour l'époque et qui donna lieu à des essais sur le Métropolitain aérien de New-York.

En 1889, ces expériences furent reprises par Sprague, mais sans qu'il s'ensuivit aucun résultat pratique.

Le peu de succès de ces premières tentatives fut dû principalement à ce qu'elles étaient encore prématurées, que l'on n'avait pas encore d'expérience suffisante en la matière et que l'électricité, et en particulier la construction des moteurs et des dynamos, n'avaient pas fait les grands progrès qui ont été réalisés depuis.

Ensuite les applications de la traction électrique aux tramways commençaient déjà à absorber toute l'attention et à détourner vers un but plus immédiatement réalisable, les efforts des inventeurs et les capitaux des financiers.

Tout le monde connaît l'immense développement qu'a pris

(1) Voir planches n°s 178, 179 et 180.

cette branche de l'électricité et qui a produit dans l'exploitation des tramways américains une véritable révolution avec une rapidité bien extraordinaire puisque cette transformation portant sur plus de 20 000 *km*, s'est effectuée en cinq ou six ans.

On peut dire que la traction électrique a été le principal élément de la vie industrielle aux États-Unis, pendant ces dernières années, et cet élément a été des plus précieux au milieu de la crise économique que ce pays vient de traverser.

L'exploitation de ces immenses réseaux, a mis nettement en relief les remarquables qualités des moteurs électriques pour la traction; qualités qui étaient déjà prévues, mais dont la pratique a confirmé la valeur.

D'autre part, elle a été l'occasion de perfectionnements très considérables dans toutes les branches de l'industrie électrique; ces perfectionnements ont successivement élargi le champ d'action auquel paraissait d'abord devoir se limiter les applications du nouveau système de traction et lui ont ouvert de nouveaux et vastes horizons.

Aussi s'explique-t-on l'opinion d'Ingénieurs compétents en la matière auxquels de nombreux indices font penser, que dans un avenir peut être moins lointain qu'on ne serait tenté de le croire, les moteurs électriques seront appelés à provoquer dans les transports à grande distance une révolution encore plus profonde par son importance que celle qui a été produite dans les transports urbains.

A vrai dire ce problème est tellement complexe, il touche à tant et de si puissants intérêts qu'il serait plus que téméraire de vouloir émettre le moindre avis à ce sujet; mais au point de vue philosophique, on ne peut guère contester la tendance de plus en plus marquée des idées de ce côté et le progrès, à notre époque, marche si rapidement que les problèmes posés comme l'est celui-là n'attendent pas longtemps leur solution et ce qui, la veille encore était considéré comme du domaine des chimères, devient le lendemain une éclatante réalité.

Aussi les premiers pas qui ont déjà été faits dans cette voie nous ont paru assez significatifs pour mériter de fixer dès maintenant l'attention. C'est à ce titre que nous avons cru pouvoir en dire quelques mots et examiner les moyens techniques qui seraient dès maintenant à notre disposition pour résoudre d'une manière pratique la question du transport par l'électricité sur les voies ferrées.

Application a la traction sur les lignes secondaires.

§ 2. — L'emploi de l'électricité pour la traction des trains légers sur les lignes d'intérêt local, a été, on peut le dire, la suite naturelle de son succès sur les lignes de tramways, suite d'autant plus naturelle que les difficultés spéciales que les lignes à conducteurs aériens avaient éprouvées pour s'implanter à l'intérieur des villes disparaissaient pour la majeure partie au dehors et que les conditions particulières de la vie des grandes cités américaines venaient encore y contribuer puissamment.

Les lignes de tramways desservant l'intérieur des villes, se sont d'abord prolongées dans la campagne avoisinante pour relier les centres d'affaires aux régions plus éloignées généralement adoptées pour le choix des résidences proprement dites. L'importance de ces extensions s'est graduellement accrue au fur et à mesure que les avantages de ces lignes électriques se sont mieux fait apprécier et bientôt elles ont été jusqu'à former des lignes véritables, reliant non seulement les villes à leur banlieue immédiate, mais encore les villes entre elles à des distances qui ont été constamment en augmentant.

Dans ces deux dernières années, le nombre de ces chemins de fer d'intérêt local, mus électriquement, s'est extraordinairement développé et dans certaines régions ils forment de véritables réseaux courant parallèlement aux voies ferrées et s'étendant sur des longueurs très considérables, tantôt établis sur l'accotement des routes et tantôt sur des voies spéciales analogues à de véritables voies de chemins de fer, avec lesquelles elles rivalisent alors de vitesse et de confort.

Dans le principe, ces lignes étaient presque exclusivement affectées au transport des voyageurs : mais depuis quelque temps leur trafic s'est étendu à celui des bagages, des colis postaux et des marchandises consistant principalement en produits agricoles des régions traversées. Quelques-unes de ces lignes ont même à l'heure actuelle, un trafic de marchandises beaucoup plus important que celui des voyageurs.

La plupart sont reliées avec des réseaux urbains, de telle sorte que les trains peuvent pénétrer jusqu'à l'intérieur même des villes y déposer leurs voyageurs et leurs marchandises presque à destination.

RÉSEAU DE CLEVELAND (Ohio).

§ 3. — Parmi les plus importants de ces réseaux de chemins de fer interurbains mus par l'électricité, nous pouvons citer celui qui a pour centre la ville de Cleveland, dans l'Ohio, et dont la construction vient d'être terminée. Comme nous venons de l'indiquer, les différentes branches de ce réseau sont raccordées avec les voies ferrées des tramways de la ville, de telle façon que les voitures des lignes suburbaines peuvent amener, jusqu'au centre même, leurs voyageurs sans aucun transbordement.

Avant la construction de ces lignes électriques les environs de Cleveland étaient déjà assez abondamment pourvus de lignes à vapeur et le réseau électrique est venu en plusieurs endroits leur faire presque directement concurrence. Les vitesses moyennes de marche sont presque les mêmes; mais les arrêts sur les lignes électriques sont plus fréquents, les départs plus rapprochés et les prix sensiblement plus bas. Aussi ces lignes ont-elles détourné à leur profit une très grande partie du trafic de leurs rivales, tout en s'en créant un autre entièrement personnel, et elles ont beaucoup augmenté l'activité des communications et développé la valeur des régions traversées.

La première ligne s'étendant de Cleveland à Akron par Bedford possède une longueur d'environ 55 *km*, la plus grande partie à simple voie.

Les prix perçus sont de 3 *f* par voyage simple d'aller et 5 *f* par voyage aller et retour, ce qui met le prix du kilomètre à moins de 0,05 *f*. Ce prix permet d'aller d'un point quelconque des lignes de tramway d'Akron, a un point quelconque desservi par les tramways de Cleveland.

Il y a des prix réduits pour les billets d'excursion et le service des théâtres.

Les prix perçus par les lignes de chemin de fer sont respectivement de 5,25 *f* aller simple, et 9,50 *f* aller et retour, c'est-à-dire presque le double.

Les départs des voitures électriques ont lieu toutes les demi-heures et la distance totale est parcourue en 1,55 heure y compris les nombreux arrêts et le ralentissement à l'intérieur de Cleveland et d'Akron.

Entre les limites de ces deux villes la vitesse est de 40 *km* à l'heure.

La voie, sauf une longueur de 16 *km*, est placée en accotement le route, mais elle est protégée par une clôture en fils de fer et ertains passages à niveau sont gardés. Elle est constituée au noyens de rails Vignole pesant 25 *kg* le mètre courant, posées sur des traverses espacées d'environ 92 *cm* et soigneusement réunis à leurs joints par des connexions de cuivre.

La ligne ancienne est supportée par des poteaux en bois espacés en moyenne d'environ 30 *m*. La prise de courant se fait par le trolley ordinaire.

Cette ligne est alimentée par deux stations génératrices, l'une à Bedford, à environ 10 *km* de Cleveland, l'autre à Cuyahoga Falls sur la rivière Cuyahoga.

La première alimente les 10 *km* situés entre Bedford et Cleveland et 15 *km* au sud de Bedford.

La deuxième alimente 15 *km* vers le nord et environ 9 *km* vers le sud.

Ces deux stations sont, du reste, semblables et contiennent chacune deux machines à vapeur de 350 *ch* commandant par courroie des dynamos de 250 kilowatts.

Ces dynamos sont construits pour donner à la fois du courant continu et du courant triphasé.

Le courant continu est utilisé pour la traction et l'éclairage à arc et le courant triphasé est employé pour l'alimentation des lampes à incandescence aux alentours.

Les stations centrales au moyen des mêmes machines permettent donc de faire de la traction et de la lumière tout à la fois.

On projette d'ailleurs d'utiliser les chutes de Cuyahoga au moyen de turbines et d'actionner la station de Bedford à l'aide d'un transport de force entre ce point et Cuyahoga. Les dynamos en question permettront précisément cette transformation, car elles pourront fonctionner comme convertisseurs de courants triphasés en courants continus et alors les machines à vapeur ne serviront plus que de secours.

Nous reviendrons d'ailleurs ultérieurement sur cet intéressant type de dynamos qui a déjà reçu beaucoup d'applications aux États-Unis.

Les voitures automobiles électriques ont 12,25 *m* de longueur : les unes sont mixtes pour le transport de voyageurs et de bagages et les autres uniquement aménagées comme voitures à voyageurs. Les premières possèdent 32 et les autres 42 places assises.

Toutes ces voitures sont portées sur bogies, elles sont très

confortables, munies de cabinets de toilette, éclairées à l'aide de 20 lampes à incandescence et chauffées au moyen de radiateurs électriques.

Enfin elles sont munies chacune de 2 moteurs de 50 *ch* portés tous deux sur le même bogie et d'une pompe à air fournissant l'air comprimé nécessaire à la manœuvre des freins.

La deuxième ligne s'étend de Cleveland à Ellyria sur une longueur de 27 *km*. Elle est également reliée aux tramways de Cleveland et traverse un très beau pays près des bords du lac Erié, offrant de nombreux sites attrayants très souvent visités par les touristes et les promeneurs.

Le prix du billet aller et retour est de 3,75 *f*.

La troisième ligne allant de Lorrain à Ellyria forme le prolongement de la précédente jusqu'au bord de l'Erié. Elle possède une voie spéciale parcourue par des voitures à grande vitesse faisant 55 à 60 *km* à l'heure.

La quatrième ligne de Cleveland à Painesville possède une longueur de 50 *km*; elle n'est pas encore entièrement terminée et ne sera ouverte au trajet que dans le courant de cette année.

Enfin, une cinquième ligne possédant une longueur de 43 *km* vient aboutir à Cuyahoga Falls et forme comme un embranchement de la ligne principale d'Akron à Cleveland.

A l'heure actuelle le réseau de chemins de fer électriques aux environs de Cleveland dépasse 200 *km* et il tend à s'accroitre au moyen de nombreuses extensions projetées.

§ 4. — Une autre ligne intéressante, terminée dans le courant de l'année 1895, est celle qui s'étend sur une longueur de 37 *km* entre la ville de Buffalo et celle de Niagara Falls.

Cette ligne est entièrement à double voie, la plus grande partie établie sur accotement de route et le surplus sur une voie spéciale; tout l'ensemble, d'ailleurs, a été très solidemènt construit et avec tous les soins apportés aux constructions de chemins de fer ordinaires.

Pour le moment elle est alimentée, d'une part, par une usine à vapeur située dans la ville de Tonawanda que la ligne traverse, et, d'autre part, par la station centrale hydraulique utilisant les célèbres chutes du Niagara.

Les voitures faisant le service ont une longueur de 11 *m* et offrent 40 places assises. Elles sont portées sur deux bogies et chacun des 4 essieux est actionné par un moteur de 25 *ch* de la

General Electric Company, soit un total 100 *ch* par voiture automotrice. Ces voitures sont disposées pour faire de la remorque quoique le profil présente en plusieurs endroits des rampes considérables.

La vitesse, en pleine campagne, dépasse 55 *km* à l'heure. Il y a un départ tous les quarts d'heure et le service est fait par 20 voitures automotrices semblables à celles que nous venons de décrire et 10 voitures de remorque contenant chacune 60 places assises.

Le mouvement sur cette ligne est très intense.

En effet, la ville de Buffalo possède actuellement plus de 300 000 habitants pour lesquels les bords du Niagara sont un endroit de promenade habituel. D'un autre côté pendant la belle saison l'affluence des touristes est extrêmement grande.

En effet, l'utilisation des chutes du Niagara développe rapidement la prospérité et l'activité industrielles de toute la région avoisinante et particulièrement aux points desservis par la ligne électrique.

La seule concurrence rencontrée par cette dernière provient de la voie ferrée du New-York Central entre Buffalo et Niagara. Mais celle-ci ne peut en aucune manière, soutenir la lutte : en effet, ses départs sont très espacés, son tarif est double puisqu'il s'élève à 5 *f* par voyage aller et retour, non compris les transports intérieurs dans les deux villes terminus de Buffalo et Niagara tandis que la ligne électrique ne perçoit que 2,50 *f* par voyage aller et retour, ce prix permettant d'aller d'un point quelconque desservi par les tramways de Buffalo à un point quelconque desservi par ceux de Niagara et *vice versa*.

Aussi le New-York central vient-il de décider d'équiper électriquement cet embranchement et d'organiser entre les deux villes un service fréquent à grande vitesse.

A la ligne de Buffalo à Niagara Falls vient se relier une autre allant à Lewiston et à Queenstown sur le lac Ontario, où s'arrêtent les steam-boats faisant le service de Toronto et des autres ports canadiens. Cette ligne s'étend tout le long de la superbe gorge du Niagara et offre à chaque pas des points de vue de toute beauté : aussi est-elle très fréquentée.

Elle court parallèlement à une autre ligne électrique tracée sur la rive canadienne et qui offre sur cette gorge d'autres points de vue non moins pittoresques.

Réseau de Lawrence, Lowell et Hawerhill

§ 5. — Ce réseau qui relie les trois grandes cités manufacturières du Massachusetts suit la vallée du Mérimac et possède un développement de 90 *km* desservant une population de 200 000 habitants, non compris deux autres lignes auxquelles il est raccordé et qui s'étendent :

La première de Hawerhill au port de Newbury sur l'Atlantique après avoir traversé toute une région très pittoresque.

La deuxième de Lowell à Nashua située à 25 *km* de distance en passant par un endroit très pittoresque nommé Lakewiew situé à 8 *km* de Lowell.

La ligne principale est alimentée par deux usines centrales de chacune 1 500 *ch* situées l'une à Lawrence et l'autre aux environs de Hawerhill.

Le tronçon qui va à Nashua est particulièrement intéressant par l'application qui y a été faite pour la première fois de courants triphasés à la traction sur voie ferrée.

L'usine centrale placée à Lowell contenant une puissance de 500 *ch* alimente directement le commencement de la ligne et le surplus au moyen de deux sous-stations échelonnées sur la ligne, la première à 10 *km* de Lowel et la seconde vers Nashua, et qui transforment le courant triphasé à 5 500 volts qu'elles reçoivent en courant continu à 600 volts.

Les convertisseurs employés dans ces sous-stations sont des appareils très remarquables démarrant avec la même facilité qu'un moteur à courants continus, fonctionnant sans étincelles et pouvant supporter sans inconvénients de très fortes surcharges momentanées. Ils ne nécessitent aucune espèce de surveillance et comme leur graissage se fait automatiquement, ils ne demandent même pas la présence continuelle d'un homme. Enfin à vide, ils ne consomment qu'une très faible quantité d'énergie.

Depuis leur mise en marche l'été dernier, ils ont parfaitement fonctionné et n'ont jamais donné lieu au moindre accident.

Ligne électrique de Nantasket-Beach

§ 6. — Ces diverses lignes et d'autres non moins importantes que nous pourrions également citer présentent le même caractère d'être des entreprises nouvelles, entièrement électriques et qui

sont venues s'ajouter aux moyens de communication déjà existants. Mais jusqu'à ces derniers temps on n'avait pas encore eu à constater la transformation de lignes à vapeur en lignes électriques.

Les Compagnies de chemins de fer américains qui, dans le principe n'avaient accordé aucune espèce d'attention à ces nouveaux concurrents, ne tardèrent pas à éprouver combien cette indifférence était mal placée, car bientôt elles virent une grande partie de leur trafic local successivement détournée par ces nouveaux moyens de communication qui se multipliaient rapidement autour de leurs voies et comme la plupart se trouvent dans une situation financière plutôt médiocre et ont la plus grande peine à équilibrer leurs dépenses au moyen de leurs recettes, une diminution même peu sensible de ces dernières était de nature à compromettre très sérieusement les maigres dividendes qui avaient pu être distribués jusque-là.

Aussi plusieurs d'entre ces Compagnies ont-elles commencé à s'émouvoir et à fixer leur attention sur le nouveau système de traction. Déjà quelques-unes d'entre elles étudient la transformation de certains de leurs embranchements en lignes électriques ou la création de lignes électriques supplémentaires pour compenser ou éviter la diminution de recettes dont elles sont menacées par la perte presque totale de leur trafic local.

La première ligne qui ait marqué cette nouvelle étape de la traction électrique est l'embranchement connu sous le nom d'embranchement de Nantasket, appartenant à la New-York New-Haven et Hartford Railroad Company, et sur lequel, l'été dernier, la traction par locomotives à vapeur a été remplacée par le système à trolley.

Cet embranchement possède une longueur d'environ 11 *km* à double voie à peu près en palier, mais avec des sinuosités nombreuses.

Il y a pour faire le service 4 voitures automotrices, ayant la forme de fourgons de bagages, mais en réalité, constituant en même temps de puissantes locomotives.

Chacune pèse en ordre de marche 27 000 *kg* et la force motrice est fournie soit par deux, soit par quatre moteurs de 125 *ch* chacun.

Les locomotives à quatre moteurs peuvent aisément développer en marche normale un effort de traction de 3 500 *kg* sur la barre d'attelage et remorquer des trains de 4 à 500 *t*.

En outre de ces locomotives, il y a six voitures automotrices ouvertes munies chacune de deux moteurs de 125 *ch* et pouvant

transporter 80 voyageurs assis et plusieurs grandes voitures de remorque pouvant en transporter 96.

La prise de courant sur ce premier tronçon de 11 *km* se fait par le système ordinaire à trolley et fil aérien, mais des dispositions toutes spéciales ont été adoptées par suite des courants intenses à débiter. En particulier, la section du fil de trolley a été portée à plus de 160 *mm*, c'est-à-dire à une valeur beaucoup plus forte que tout ce qui avait été fait jusqu'alors et au lieu de lui donner une forme ronde, on lui a donné une forme en 8 avec base très aplatie.

La ligne aérienne est munie d'aiguillages spéciaux avec languettes mobiles et actionnés par la manœuvre du même levier qui commande l'aiguillage de la voie.

Elle est alimentée à peu près en son milieu par une station centrale contenant deux puissantes dynamos de 500 kilowatts couplées directement à des moteurs à vapeur de 800 *ch* et enroulées pour une tension de 700 volts, c'est-à-dire supérieure à ce qui avait paru être la règle courante jusque-là.

Ultérieurement cette ligne a été prolongée de 6 *km* de Nantasket à East-Weymouth. Mais ce prolongement a été équipé d'une manière toute différente que les premiers 11 *km* à l'aide de conducteurs au niveau du sol sur lesquels nous reviendrons plus loin. Les voitures automotrices sont munies de prises de courant convenables pour chacun des deux systèmes de conducteurs et font indifféremment le service des deux parties de la ligne.

Cette ligne a été l'occasion d'expériences très intéressantes effectuées dans des conditions de charges et de vitesses très variées.

Les locomotives, quoique non spécialement étudiées pour l'obtention de très grandes vitesses, auraient soutenu à plusieurs reprises une allure supérieure à 100 *km* à l'heure, sans aucun inconvénient pour les moteurs ni pour la ligne aérienne.

Dans une autre expérience, elles ont remorqué aisément, à une vitesse de 40 *km* à l'heure, un train composé de 30 wagons remplis de sable et pesant au total plus de 400 *t*.

Quand le deuxième tronçon de 6 kilomètres de Nantasket à East-Weymouth a été terminé, de nouveaux essais ont été faits avec une des voitures automotrices ouvertes à deux moteurs. Lors de l'essai du 6 juin 1896, la distance entière de 17 kilomètres de Pemberton à East-Weymouth a été franchie en près de 11 minutes, ce qui correspond à une vitesse moyenne d'environ 90 *km* à l'heure. Mais à certains moments la vitesse de marche fut estimée sensiblement supérieure à ce chiffre.

En service courant, ces locomotives développent facilement une vitesse moyenne de 50 à 60 *km* à l'heure et atteignent, sans difficultés, 70 *km*.

Depuis son inauguration, cette ligne a fonctionné avec une régularité et un succès remarquable, à tel point que la New-York New-Haven et Hartford s'est décidée à étendre ce système à d'autres de ses embranchements et actuellement elle procède à la transformation de celui de Dedham.

§ 7. — D'autre part, la Pensylvanian Railroad Company, l'une des plus puissantes et des plus riches compagnies américaines, suivant cet exemple, a installé, à peu près vers la même époque, l'embranchement de Mount-Holly à Burlington possédant une longueur de 13 *km*.

Le matériel roulant y est constitué par de longues et puissantes voitures automotrices montées sur bogies et munies chacune de deux moteurs de 75 *ch*.

Ces voitures sont mixtes et disposées partie pour le transport des bagages et partie pour celui des voyageurs. Elles peuvent aussi faire la remorque des grandes voitures à bogies utilisées ordinairement sur le réseau du Pensylvania Railroad.

Elles sont prévues pour un service à raison de 55 *km* à l'heure et des vitesses de marche de 65 à 70 *km*; aux essais, cette vitesse aurait atteint 95 *km* à l'heure.

§ 8. — La Colombus Hocking Valley et Toledo Railroad Company a établi tout dernièrement un embranchement de 40 *km* de longueur, à simple voie, traversant le district minier de Wellston. Cet embranchement est exploité par l'électricité à l'aide d'une station centrale placée au milieu du district minier et brûlant du poussier de charbon à de très bas prix.

Les voitures sont à peu près semblables à celles de l'embranchement de Mount-Holly et les moteurs calculés pour leur imprimer une vitesse moyenne de 55 à 60 *km* à l'heure.

§ 9. — La Washington Alexandria and Mount-Vernon Railway Company va également inaugurer prochainement une ligne à grande vitesse de 30 *km* de longueur pénétrant jusqu'à l'intérieur même de Washington par un tronçon de 2,5 *km*, en canalisation souterraine qui vient d'être terminé.

Les trains comprendront trois ou quatre voitures dont une auto-

motrice munie de deux moteurs de 125 *ch* et feront un servic
avec une vitesse qui atteindra 65 à 80 *km* à l'heure, en dehors d
la ville.

Les voitures automotrices sont munies d'un double trolley pré
sentant des dimensions plus considérables que celles ordinaire
et quelques dispositions spéciales pour mieux s'adapter à ce
grandes vitesses.

La tension de 600 volts, dans la campagne, sera réduite à 22
à l'intérieur de la ville, afin de mieux se prêter aux grands chan
gements de vitesse qui seront nécessaires sur le tronçon urbain
les moteurs étant mis, en même temps, en série, la vitesse pourr
être diminuée dans le rapport de 110 à 600, c'est-à-dire ramené
aux valeurs qui peuvent être tolérées à l'intérieur d'une ville.

§ **10**. — Enfin, la Columbia and Maryland Railroad Compan
pousse actuellement avec activité les travaux d'installation d'un
ligne de chemin de fer électrique à grande vitesse entre Baltimor
et Washington, comprenant une longueur entre terminus de 60 *km*
Cette distance devra être franchie en moins de 45 minutes, c
qui nécessitera une vitesse de 100 *km* à l'heure en certaines pa
ties de la ligne et c'est en prévision de cette vitesse que la lign
aérienne est établie et que les moteurs des voitures sont calculé
Cette ligne de chemin de fer qui sera véritablement la premièr
longue ligne électrique à grande vitesse, offrira, à cet égard, l
plus grand intérêt, car elle permettra de confirmer, par une ex
ploitation régulière, des résultats qui n'ont été obtenus, jusqu'
présent, que durant des expériences de peu de durée.

La question des transports électriques se trouve ainsi maintenan
attaquée par les deux extrémités; les Compagnies qui emploien
le trolley, en développant leurs réseaux, passent du trafic urbai
au trafic interurbain, et même au trafic de transit à grande di
tance, en procédant du petit au grand, tandis que les Compagni
de chemins de fer, se départant de leurs grandes unités font u
pas vers le système actuel à trolley.

CHAPITRE II

Matériel employé par les lignes électriques.

Examinons maintenant le matériel employé dans les différentes applications de la traction électrique et les progrès qui ont été réalisés dans sa construction.

Moteurs électriques.

§ 11. — Peu de branches de l'industrie électrique ont fait autant de progrès et ont reçu, dans ces dernières années, autant de perfectionnements que les moteurs destinés à la traction.

Il y a un abime entre les moteurs qui étaient en usage, il y a peu d'années, aux débuts de la traction électrique, et les types employés actuellement. Ces premiers moteurs n'étaient, à vrai dire, que des dynamos ordinaires plus ou moins bien disposées pour être fixées aux châssis et transmettant leur mouvement aux roues par un train d'engrenage à raison généralement élevée par suite de la grande différence de vitesse.

Ces moteurs bipolaires, à double réduction, n'avaient qu'un très faible rendement; leur poids était considérable et comme rien ne les abritait contre les intempéries, la poussière et la boue, leurs avaries étaient très fréquentes et leur fonctionnement peu sûr.

La substitution à la fonte d'un acier fondu spécial de très haute perméabilité magnétique pour la carcasse des inducteurs a constitué un premier et très grand perfectionnement. Cette substitution a permis de diminuer considérablement le travail d'excitation ainsi que l'importance et les poids des inducteurs tout en conservant des champs intenses dans l'induit.

Les types bipolaires ont été partout remplacés par des types multipolaires mieux proportionnés, à marche plus lente et qui ont permis de ramener à une simple réduction de vitesse la transmission à double train d'engrenages autrefois nécessaire.

La disposition ordinaire des inducteurs des machines dynamos a été remplacée par une autre universellement employée maintenant et consistant à former le circuit magnétique d'une carcasse en acier fondu ayant l'aspect d'une boite enveloppant complètement l'induit et mettant entièrement à l'abri de l'eau, de la boue

et de la poussière toutes les parties délicates telles que l'armature, les bobines des électros, le collecteur, les balais et les engrenages. Ces derniers sont dans une boîte spéciale remplie d'huile et tournent noyés dans cette dernière.

Les balais en charbon sont maintenant universellement employés et ont donné complète satisfaction; ils permettent aux moteurs de marcher indifféremment en avant et en arrière et de subir des variations de charges considérables sans qu'il soit nécessaire de modifier l'angle de calage et sans qu'il se produise d'étincelles trop destructives au collecteur.

Les induits à dents sont maintenant universellement adoptés. Pour l'enroulement de cet induit on a employé tantôt l'enroulement Gramme et tantôt l'enroulement en tambour. Mais la tendance presque générale maintenant est de n'employer que ce dernier en lui donnant la disposition de bobinage connu sous le nom d'enroulement Eickemeyer et qui consiste dans l'emploi de bobines isolées, établies au préalable sur une forme spéciale, puis fixées dans les encoches de l'armature.

L'armature se compose d'une série de disques en tôles de fer très douces isolées les unes des autres : ces tôles sont découpées de manière à présenter une série d'encoches et de dents rappelant l'induit de Pacinotti, et entre lesquelles sont fixées les bobines Eickemeyer. Chacune de ces bobines est isolée séparément et se compose de 2, 3, 4 ou 6 tours de fil suivant l'application à laquelle est destiné le moteur; en cas d'avaries leur remplacement est très simple et peut se faire à peu de frais. L'entrefer est très réduit et, en outre, l'induit forme un ensemble très solide et dont l'enroulement est apte à supporter les grands efforts qu'il a à développer.

Ces modifications fondamentales et la perfection à laquelle est parvenue la construction des plus récents types de moteurs ont marqué une ère nouvelle dans l'histoire de la traction électrique et c'est de cette époque que datent ses immenses progrès.

§ 12. — Un des moteurs les plus employés et qui a servi d'ailleurs à peu près de type à tous les autres, est celui connu sous le nom de G. E. 800.

Il est construit en Amérique par la General Electric Company et en Europe par les différentes Compagnies françaises, anglaises et allemandes exploitant les brevets Thomson-Houston.

A puissance égale, c'est un des plus légers types qui existent.

Son poids ne dépasse pas 660 *kg*, engrenages compris pour une puissance d'environ 25 *ch* et un couple statique de 32 unités environ correspondant à un effort de traction de 360 *kg* à la jante des roues de 84 *cm* de diamètre.

A ce sujet, nous ferons remarquer que ce qui définit véritablement la puissance d'un moteur est le couple statique qu'il peut développer à son courant normal, ce couple ne dépendant absolument que des dimensions de la carcasse et ne variant ni avec la vitesse admise, ni avec l'enroulement choisi.

Ce moteur présente tous les caractères distinctifs que nous avons ci-dessus énumérés ; le circuit magnétique est constitué par une boîte en deux parties, en acier coulé, portant deux pièces polaires autour desquelles on vient disposer les bobines excitatrices enroulées autour de leur cadre spécial. Ces pièces polaires sont disposées l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure et constituent avec deux épanouissements à 90° formant pôles conséquents, un système tétrapolaire.

La partie supérieure de la carcasse des inducteurs peut basculer autour d'une charnière de manière à découvrir entièrement l'induit que l'on peut alors inspecter, nettoyer, ou même enlever et remplacer.

L'induit est composé de disques en tôles isolées au vernis et munies d'encoches rectangulaires rétrécies à leur partie supérieure de manière à retenir une clavette qu'on y introduit après le bobinage des fils. Les fils des bobines qui se croisent sont séparés au moyen de papier isolant et de mica.

L'entrefer a pu être ainsi restreint au minimum : il ne dépasse guère 3 *mm*. Le collecteur en cuivre rouge possède un nombre de segments très considérable dont les connexions sont faites de manière à réduire à deux le nombre des balais ; ces balais sont, bien entendu, disposés à la partie supérieure de l'induit de manière à être plus aisément accessibles.

L'induit attaque l'essieu moteur par une seule paire d'engrenages en fonte ou mieux en acier, noyée dans une huile semi-fluide qui en adoucit beaucoup le roulement et réduit l'usure.

Les moteurs sont excités en série et les bobines du champ magnétique sont isolées des pièces polaires; afin de diminuer les chances de mise à la terre, ces bobines sont intercalées dans le circuit entre la terre et l'induit : de telle sorte que leur différence de potentiel avec le métal des inducteurs est insignifiante.

La suspension de ces moteurs est étudiée de différentes façons

ayant pour but de les soustraire le plus possible à l'influence des chocs produits par le roulement des essieux qu'ils actionnent; ils sont, en général, supportés d'une part par l'essieu même, et d'autre part, par le truck au moyen de ressorts ou de tampons de caoutchouc. Cette suspension est disposée de manière à ne faire porter sur l'essieu directement qu'une très faible portion du poids des moteurs, afin de diminuer l'usure des coussinets des moteurs entourant l'essieu.

Ci-après, nous donnons les courbes de rendement de ces moteurs ainsi que les courbes des efforts de traction et des vitesses pour diverses valeurs du courant et pour une tension aux bornes de 500 volts.

Ainsi qu'on peut le voir, le rendement dépasse sensiblement 70 0/0 et atteint jusqu'à 80 ou 82 0/0 dans les meilleures conditions.

Ces chiffres sont d'autant plus remarquables qu'ils comprennent les pertes par les engrenages et s'appliquent à des moteurs de faible puissance à marche relativement lente et dans lesquels cependant le poids de toutes les parties a été réduit au minimum.

Les moteurs de ces types ont reçu un nombre immense d'application, et il y en a actuellement plus de 20.000 en fonctionnement dans le monde entier, tant en Amérique qu'en Europe et même jusqu'au Japon.

§ **13.** — Pour le service de certaines lignes interurbaines à grande vitesse et comportant des trains assez lourds sur des profils accidentés le besoin s'est fait sentir de types plus puissants.

En vue de ces applications ont été créés deux nouveaux modèles connus sous le nom de G. E. 1 200 et de G. E. 2 000 et qui tout en conservant les caractères distinctifs qui ont fait le succès du moteur G. E 800, s'en séparent nettement par leur puissance beaucoup plus considérable.

Ci-après nous donnons les courbes de rendement, de vitesse et d'efforts de traction de ces deux types.

De l'examen de ces courbes on voit que le moteur General Electric 1 200 peut développer en marche normale une puissance de 50 *ch*.

Son rendement atteint 85 0/0 y compris celui des engrenages et son poids ne dépasse pas 1 200 *kg*.

Ce type de moteur est le plus employé pour les chemins de fer interurbains.

Le moteur G. E. 2000 est beaucoup plus puissant : il ne posède qu'un seul tour de fil et son enroulement est établi avec une très grande solidité lui permettant de supporter des efforts très grands. Sa puissance peut atteindre une marche normale de 25 *ch* avec des surcharges momentanées dépassant beaucoup ce chiffre. Son rendement atteint 88 0/0 engrenages compris et son poids total ne dépasse pas 2 000 *kg*, soit à peu près 16 *kg* par cheval.

Ce moteur est employé pour les trains lourds et à grande vitesse et particulièrement pour le service des lignes métropolitaines.

Les valeurs très élevées obtenues pour l'effet utile sont d'autant plus remarquables qu'elles s'appliquent à des moteurs d'une très grande puissance spécifique pour lesquels les considérations de légèreté primaient toutes les autres.

§ 14. — En outre des différents types de moteurs construits par la General Electric nous pouvons citer parmi ceux qui sont les plus employés pour la traction les moteurs Westinghouse et les moteurs Walker, également tétrapolaires, mais qui se distinguent de ceux de la General Electric en ce qu'il y a quatre bobines inductives au lieu de deux et en ce que ces bobines sont disposées suivant deux lignes à 45°.

Nous pouvons également citer les moteurs de l'Allgemeine Electrik Gesellschaft qui se distinguent nettement de tous les types américains en ce que la carcasse en acier fondu formant le circuit magnétique et qui protège en même temps l'armature, n'est pas disposée de manière à pouvoir s'ouvrir suivant un diamètre; elle ne forme qu'une seule pièce sans discontinuité et l'armature n'est accessible que par les deux bouts. Cette disposition favorable au point de vue de la rigidité et de la continuité du circuit magnétique présente le grave défaut de rendre l'armature beaucoup moins accessible et d'augmenter considérablement les difficultés pour la visite, l'entretien et les réparations.

§ 15. — Tous ces moteurs sont à simple réduction de vitesse et attaquent l'essieu par engrenage; ce type paraît avoir rallié définitivement la faveur générale. Il se prête également bien à de petites vitesses et à des vitesses relativement grandes. Il suffit de modifier le diamètre des roues motrices et la raison du train d'engrenage pour augmenter l'effort de traction au détriment de la vitesse et inversement.

Aussi les moteurs à action directe qui ont été assez en fav
il y a deux ans sont-ils maintenant à peu près abandonnés :
sont plus lourds, ont un rendement moindre par suite de leur
tesse plus faible, nécessitent des dispositions spéciales pou
commande des roues et sont très difficiles à réparer par suite
difficultés de leur enlèvement et de leur mise en place autou
l'essieu.

Ils n'ont de raisons d'être que dans des cas particuliers qu
sont rarement produits jusqu'à l'heure actuelle et notamm
pour la réalisation de très grandes vitesses.

Trucks.

§ 16.— Les trucks actuellement employés pour la traction é
trique se subdivisent à peu près en trois catégories princip
comprenant les trucks ordinaires à deux essieux rigides, les tru
à bogies à articulation centrale possédant chacun deux essi
rigides et les trucks à bogies avec articulation excentrée con
sous le nom de trucks à traction maximum.

Tous ces systèmes ont un point commun : le mode de susp
sion de la caisse qui repose sur les essieux par l'intermédi
successif de deux suspensions à ressorts ; la caisse est portée
le truck par l'intermédiaire de ressorts, généralement des ress
elliptiques très élastiques et les trucks reposent eux-mêmes
les essieux par l'intermédiaire d'autres ressorts beaucoup m
flexibles de manière à éviter des déplacements relatifs trop c
sidérables des moteurs et des essieux.

Nous avons vu que les moteurs étaient eux-mêmes suspen
aux trucks d'une manière élastique. Il en résulte un mouven
très doux, et les secousses de la voie et les vibrations des en
nages des moteurs ne se font sentir sur la caisse qu'avec le m
mum d'intensité.

Les trucks à deux essieux rigides conviennent principalem
pour les voitures courtes pour lesquelles la longueur de ca
ne dépasse pas 5 *m* à 5,50 *m* avec une distance d'essieux
1,80 *m* à 2,50 *m*.

Mais aussitôt que la longueur des voitures augmente et
leur vitesse s'accroît, ce type n'est pas avantageux : les por
faux aux extrémités donnent lieu à des mouvements de tan
très prononcés et dangereux, et, d'autre part, le passage en co
avec des essieux très espacés devient mauvais.

Pour les types de voitures et les vitesses généralement employées sur les lignes interurbaines, le système à bogies s'applique très bien. Il permet l'emploi de caisses de la longueur qu'on désire et le passage dans des courbes de très faible rayon. Toutefois quand on ne commande pas chaque essieu par un moteur différent ce système conduit à une perte considérable du poids adhérent. Si les rampes sont modérées cette perte n'a souvent pas grande importance, même quand la voiture automotrice est destinée à faire de la remorque. Mais il n'en est pas ainsi pour certaines desservant des pays accidentés et qui présentent de fortes déclivités atteignant et dépassant même parfois 40 ou 50 *mm* par mètre. Dans ce cas on est conduit à employer quatre moteurs pour conserver le poids total de la voiture comme poids adhérent. Mais, outre que cette disposition augmente le poids mort et le prix de la voiture, elle offre l'inconvénient d'accroître les dépenses d'entretien et la complication des appareils de manœuvre, ce qui fait préférer, en général, l'emploi de deux moteurs de la puissance convenable, tant que cette puissance n'est pas excessive. Aussi quand l'effort de traction à développer nécessite un poids adhérent considérable, préfère-t-on recourir aux trucks spéciaux tels que le truck à traction maximum. Ce truck est aussi un truck à bogies; mais chaque bogie ne comporte à proprement parler que deux roues porteuses; les deux autres roues généralement de diamètre plus petit ne jouent que le rôle de roues directrices et ne portent qu'une très faible partie de la charge. A cet effet, l'articulation est excentrée et beaucoup plus voisine du premier essieu que du second. Toutefois, il y a toujours lieu de laisser une certaine charge sur les essieux directeurs, pour éviter que, par suite de la réaction de la roue d'engrenage sur le pignon du moteur, la carcasse de celui-ci qui est fixée au truck, ne tende à soulever l'essieu directeur en faisant tourner l'ensemble autour de l'essieu porteur. Avec ces trucks, on peut aisément utiliser 80 0/0 du poids adhérent et ils permettent l'emploi de caisses aussi longues que les bogies ordinaires.

Quand les voitures ne sont pas trop longues, c'est-à-dire quand leur longueur de caisse proprement dite ne dépasse pas 8 à 9 *m*, on peut employer avec avantage les trucks connus sous le nom de trucks radiaux.

Ces trucks se composent de trois châssis articulés, chaque châssis n'étant muni que d'un seul essieu. La caisse est portée par articulation sur les deux châssis extrêmes qui portent également

les moteurs, de telle sorte qu'environ 90 0/0 du poids total peut être utilisé pour l'adhérence. Les trois essieux sont complètement indépendants et peuvent converger dans les courbes, ce qui rend le passage de ces dernières très faciles avec le minimum de frottement et de résistance.

Appareils de manœuvre.

§ 17. — Des perfectionnements très grands ont été apportés dans les appareils permettant d'effectuer la manœuvre des moteurs électriques. Maintenant toutes les connexions à établir avec ces moteurs pour effectuer les différentes manœuvres de mise en marche, d'arrêt, de ralentissement et d'accélération et même dans certains cas la commande des freins se font à l'aide d'un seul appareil nommé contrôleur (du mot anglais controller) et par le simple mouvement d'une manivelle qui est amenée à différentes positions appropriées indiquées par des crans.

Le cas le plus général est celui où il y a plusieurs moteurs à opérer : l'appareil presque universellement employé alors se compose d'une simple caisse cylindrique traversée par un arbre muni de touches en cuivre venant dans un certain ordre et après une certaine rotation de la manivelle en contact avec d'autres touches fixes par l'intermédiaire desquelles se font les modifications des connexions. A chaque déplacement de la manivelle les ruptures de contact sont brusques et l'étincelle qui pourrait se produire est soufflée par un puissant électro-aimant.

Le schéma reproduit *(Pl. 178)* indique les différentes connexions que l'appareil permet de produire et la manière dont elles s'effectuent. Quand la manivelle est au zéro et qu'on la déplace graduellement dans le sens des aiguilles d'une montre les connexions réalisées sont les suivantes :

1° Les deux moteurs sont en série avec trois résistances en série ;

2° Un tiers des résistances est enlevé ;

3° Un second tiers des résistances est enlevé ;

4° Le dernier tiers des résistances est supprimé : les deux moteurs sont simplement en série l'un et l'autre ;

5° Les deux moteurs sont en série avec leurs champs shuntés ;

6° Les deux moteurs sont mis en parallèle avec la totalité des résistances en série ;

7° et 8° Les résistances sont graduellement supprimées ;

9° Les deux moteurs sont en parallèle;

10° Les deux moteurs sont en parallèle mais leurs champs magnétiques sont shuntés.

Les positions 4, 8, 9 et 10 sont les seules sur lesquelles la manivelle doive être maintenue. Ce sont les seules positions correspondant à une marche économique : les positions 4 et 5 correspondent à la faible vitesse, la position 9 à une grande vitesse, la position 10 à la vitesse maximum. Les autres positions ne sont utilisées qu'aux démarrages et aux arrêts.

Ce système de contrôleur a amené une économie considérable sur l'ancien système à l'aide duquel on n'obtenait de variations de vitesse que par l'introduction de résistances dans le circuit, ce qui amenait une grande consommation d'énergie en pure perte.

Des types de contrôleur ont été aussi créés pour le cas d'emploi de quatre moteurs. Leur fonctionnement est tout aussi simple que celui des contrôleurs à deux moteurs.

Ces appareils présentent le grand avantage, grâce au soufflage magnétique et à la judicieuse succession de connexions, d'avoir une durée très grande sans nécessiter de dépenses d'entretien sensibles. Ils dispensent le machiniste de tout autre souci que celui de surveiller sa route et les signaux qui peuvent lui être faits. Le machiniste peut, du reste, être un simple manœuvre sans aucune connaissance spéciale, car il n'a jamais à toucher à d'autres appareils qu'à sa manivelle et à la commande de freins.

Freins.

§ 18. — Différents systèmes de freins sont employés suivant le poids des voitures et leur vitesse.

Au delà d'une certaine valeur de la force vive à amortir le frein à main devient complètement insuffisant : il nécessiterait de la part du conducteur une dépense de force musculaire trop considérable et il ne produirait souvent pas l'arrêt avec la rapidité qui serait nécessaire pour assurer la sécurité.

Aussi emploie-t-on presque généralement des freins mécaniques basés sur l'emploi soit de l'air comprimé, soit de l'électricité.

Les freins à air comprimé se composent généralement d'une petite pompe à air mue par un des essieux par excentrique, ou par engrenages et refoulant dans un réservoir pouvant être mis en communication avec les cylindres de frein.

Le refoulement de la pompe est commandé par un appareil

automatique qui la met en fonctionnement sur ce réservoi aussitôt que la pression y est descendue au-dessous d'une certain valeur.

Ce système présente l'inconvénient de dépendre du mouvemen de la voiture; il est indispensable pour que les freins agissen avec toute leur puissance que la pompe ait amené le réservoi à une pression suffisante et comme le débit de cette pompe es lié au mouvement de l'essieu, cela nécessite que la voiture ai parcouru une certaine distance avant qu'il soit fait usage du frein A vrai dire, le volume du réservoir est choisi suffisant pour permettre d'effectuer plusieurs arrêts consécutifs et sur les lignes suburbaines les arrêts sont relativement peu fréquents comparés à ce qui a lieu dans un service de tramway.

D'autre part quand tous les essieux sont munis de moteurs il devient parfois difficile de loger la commande de la pompe et aux grandes vitesses leur rapidité de rotation n'est pas compatible avec celle qu'il serait pratique de lui donner.

Pour donner à cette dernière toute son indépendance on a songé à l'actionner par un petit moteur électrique spécial porté sur le même bâti qu'elle et logé généralement dans la cabine du wattman : le fonctionnement de ce moteur est commandé automatiquement par la pression du réservoir sur lequel refoule la pompe. Cette disposition est maintenant très employée sur les grandes voitures électriques et notamment sur les trains de plusieurs voitures. Les dispositions de frein Westinghouse peuvent alors s'appliquer intégralement comme sur les chemins de fer à vapeur.

Les freins électriques forment une autre catégorie qui, elle-même, se subdivise en deux distinctes : ceux dans lesquels le courant électrique n'est employé que pour commander le fonctionnement des sabots de freins agissant sur les bandages des roues à la manière ordinaire et ceux dans lesquels le freinage s'obtient par des réactions purement électro-magnétiques.

Les premiers ne possèdent aucune particularité intéressante.

Les seconds utilisent généralement la friction magnétique intense produite par des courants de Foucault qui se développent quand on fait tourner une masse métallique dans le champ d'un puissant électro-aimant.

Quant au courant électrique nécessaire au fonctionnement de ces freins il est emprunté soit à la ligne de trolley, ce qui présente le double inconvénient de dépenser du courant inutilement

et d'être peu sùr (car la roulette peut quitter le fil du trolley juste au moment critique où il est nécessaire de freiner) soit à une batterie d'accumulateurs ce qui est assez peu pratique et coûteux, soit enfin aux moteurs de la voiture eux-mêmes, que l'on sépare de la ligne et que l'on transforme en générateurs.

Cette dernière solution, généralement préférée, présente l'avantage d'agir doublement :

1° Par l'effet du frein proprement dit qui agit directement sur les essieux; 2° par l'effet du couple résistant qui se développe entre l'armature et les inducteurs des moteurs et qui tend à détruire directement la force vive assez considérable de cette dernière sans qu'il en résulte de fortes pressions sur les dents des engrenages.

Enfin il est possible, quand il s'agit seulement d'arrêter brusquement la voiture en cas d'accident, d'obtenir un effet très énergique en coupant les moteurs d'avec la ligne et les mettant en court circuit l'un sur l'autre ou sur une des résistances de démarrage de la voiture. Le courant très intense qui se produit alors amortit très rapidement la force vive.

PRISE DE COURANT.

§ 19. — Le système de fil aérien avec prise de courant par roulettes de trolley est encore le plus universellement employé dans toutes les applications de traction électrique : qu'il s'agisse de tramways urbains ou de chemins de fer suburbains.

Ce système est trop universellement connu pour qu'il soit nécessaire d'en faire une description bien détaillée. Il consiste, comme on sait, dans l'emploi pour le transport du courant d'un fil en cuivre nu tendu en dessus de la voie et qui en suit toutes les sinuosités.

Dans les parties droites, ce fil est supporté par l'intermédiaire d'isolateurs dont la disposition est figurée ci-contre, soit à des câbles transversaux en acier fixés eux-mêmes à des poteaux en bois ou en acier encastrés dans le sol, soit à des consoles métalliques supportées par des poteaux semblables. Le fil de trolley est soudé aux isolateurs.

Les suspensions aux fils de trolley en ligne droite sont espacées de 30 à 50 *m* et l'exécution de ces parties n'offre aucune difficulté.

Dans les courbes, le fil de trolley présente l'aspect d'un polygone à côtés rectilignes compris en projection à peu près entre les

deux files de rails et suivant autant que possible l'axe de la voie pour éviter toute chance de déraillement de la roulette du trolley. Les côtés du polygone deviennent d'autant plus courts que le rayon des courbes est plus petit et le nombre des points d'attache augmente en conséquence. Ces points sont reliés par l'intermédiaire d'un isolateur à des fils transversaux en acier que l'on vient eux-mêmes tendre sur un ou plusieurs points fixes. L'exécution des voies de tramways à l'intérieur des villes avec des courbes de rayon de 50, 30 et même 25 *m* ne présente de difficultés qu'en ces points.

Mais dans les lignes de banlieue et interurbaines, ces difficultés sont à peu près supprimées. Les courbes de petit rayon sont rares et la pose de la ligne aérienne ne rencontre de ce chef aucun obstacle.

La ligne est plus généralement portée sur poteaux-consoles, quand la voie est simple et par fils transversaux quand elle est double. Dans le second cas, le fil de trolley conserve partout une assez grande élasticité pour que le roulement se fasse bien, même à de grandes vitesses. Mais dans les lignes à poteaux-consoles ce roulement présente un léger choc au passage de la roulette sous la console rigide, choc qui peut la faire sursauter légèrement et rompre momentanément le contact, et qui peut détruire l'isolateur.

Dans les lignes à grande vitesse, pour rendre la douceur du roulement constante, on a fixé l'isolateur non pas à la console elle-même, mais à un câble en acier fixé aux deux extrémités de cette console comme les cordes à un archet de violon. Cette disposition tend, d'ailleurs, à être partout employée.

Dans les lignes à grande vitesse on a cherché autant que possible à supprimer presque complètement les aiguillages même avec simple voie en disposant d'un bout à l'autre une double ligne de trolley dont l'une sert aux voitures circulant dans un sens et l'autre à celles circulant dans l'autre sens.

Les deux fils de trolley sont d'ailleurs reliés électriquement l'un à l'autre de manière à ne former qu'un seul conducteur de section double.

Cette disposition a, en outre, l'avantage d'offrir un secours au cas ou un accident inutiliserait une des deux lignes.

La prise de courant par trolley n'est pas la seule qui ait été employée, nous devons citer particulièrement la prise de courant au moyen de l'archet Siemens qui présente l'avantage de ne jamais

lonner de déraillement et qui donne toute facilité pour le passage les courbes, le point de contact avec le fil pouvant se déplacer sur une longue barre conductrice portée par l'archet. Mais la surface de contact entre la barre et le conducteur aérien est très petite ; le contact se fait mal et ne peut se prêter au passage de courants d'intensité un peu élevée.

Les dispositions ordinaires de ligne aérienne avec roulettes de trolley ne tardent pas à devenir insuffisantes à leur tour quand le courant devient intense. Dans certaines lignes récentes sur lesquelles circulent des trains lourds à grande vitesse et absorbant par une suite une grande puissance il a dû être apporté de grandes modifications au matériel de ligne aérienne.

Le fil de section circulaire a été remplacé par un fil laminé possédant une section en 8 avec une base très aplatie établi pour offrir la plus grande surface de contact possible à la roulette de trolley dont le diamètre a été augmenté et la gorge approfondie. L'attache du fil se fait par soudure de la boucle supérieure du 8 de sorte que le roulement sur la boucle inférieure est tout à fait continu.

La section limitée à 50 ou 60 *mm* a été graduellement portée à 170 *mm* et grâce à la forme particulière de ce fil offrant un faible moment d'inertie par rapport à son axe vertical, il a pu être enroulé sur des tambours au moment de sa pose comme les fils ordinaires de trolley, malgré sa section trois fois plus considérable.

Dans quelques applications récentes, on a employé un fil de trolley présentant une section triangulaire évidée en forme de trèfle à trois branches à 120°. Ce genre de fil donne un meilleur contact que le fil en 8 et permet de réaliser des sections considérables.

Dans certains cas, on a employé plusieurs roulettes de contact soit portées sur la même perche, soit portées sur des perches différentes et indépendantes.

Sur les lignes à grande vitesse les points de support du conducteur aérien doivent être plus rapprochés et il est bon de ne pas dépasser 25 à 30 *m*. Enfin les conducteurs et leurs câbles de support doivent être très tendus de manière à éviter toute oscillation au passage de la roulette de trolley.

Nous aurons plus loin occasion de parler d'autres systèmes de prise de courant qui ont été employées avec succès par des lignes à trafic très chargé.

VOIE FERRÉE.

§ 20. — Disons quelques mots également sur la con:
de voies ferrées.

La tendance de plus en plus marquée est d'augmenter s
ment la solidité de ces voies; les poids des rails employés
successivement accrus et actuellement on constitue c
presque avec la même solidité et d'après les mêmes princi
les voies ferrées des lignes à vapeur.

On sait que les rails sont à peu près toujours employés
retour du courant, c'est une des raisons pour lesquelle
doit pas chercher à économiser sur leur section, car le
sont longues et la conductibilité du fer ne dépasse guèr
ou le 1/6 de celle du cuivre.

La jonction des rails par leur éclissage ne suffit pas pou
la bonne conductibilité au circuit de retour et il est indis
de les relier électriquement d'une manière plus parfaite. P
un très grand nombre de dispositifs ont été proposés et e
avec plus ou moins de succès; quelques-uns des plus
donnent actuellement d'excellents résultats. Nous devo
en particulier la connexion au moyen du Chicago Railb
consiste en une barre de cuivre présentant à chaque e
une partie élargie et creuse que l'on engage dans des
même diamètre percés dans les rails à réunir. On vient e
forcer un rivet en fer dont le diamètre est de 1,5*mm* s
qui écrase le cuivre contre les parois au trou en produisa
un contact parfait. On rabat ensuite au marteau le colle
nant l'extrémité du Chicago Railbond contre la paroi du
manière à augmenter la surface de contact et le joint s
terminé. Le joint, ainsi fait, ne se désunit pas et ne d
lieu à action électrolytique entre fer et cuivre. Il est b
couvrir les fils de connexions d'une couche de vernis
après leur mise en place.

On met en général deux Chicago Railbonds par joi
complète le système de liaison en reliant par des fils d
les deux files de rails de chaque voie tous les 30 ou 40 *m*

Un très grand soin doit être pris dans l'établissemen
connexions; en effet, elles sont en général cachées dans
par conséquent difficiles à inspecter et, en outre, elles p
une très grande importance au point de vue du retour

rant, car on ne doit compter en aucune façon sur la conductibilité de la terre qui entoure les rails ainsi qu'on croyait pouvoir d'abord le faire.

Quand ces connexions sont bien faites la chute de voltage est faible sur le retour, ce qui permet d'en consentir une plus élevée à l'aller et d'économiser d'autant le poids de cuivre de la ligne aérienne.

Avec des rails pesant 25 *kg* le mètre courant, 1 *m* de voie simple présente la même conductibilité que 1 000 *m* de section de cuivre, soit près de 10 fois la section généralement adoptée pour la ligne aérienne. Cette conductibilité est donc très grande et on voit quel avantage on a à obtenir effectivement en reliant soigneusement les rails.

Dans les débuts de la traction électrique on se faisait de très grandes illusions sur le rôle de la terre pour le retour du courant et on croyait pouvoir obtenir, comme en télégraphie, une résistance à peu près nulle pour ce retour uniquement en intercalant la terre dans le circuit. Aussi la connexion des rails a-t-elle été d'abord complètement négligée et cette négligence a été la cause de graves mécomptes, dans les débuts.

On a trouvé qu'avec des connexions bien faites, la résistance du circuit de retour par kilomètre pouvait se représenter par la formule :

$$R = \frac{1,64}{P},$$

P étant le poids du mètre courant des rails employés.

Usines centrales.

§ 21. — Le matériel des usines alimentant les réseaux de traction électrique diffère profondément, à l'heure actuelle, de ce qui était la pratique courante pour les stations centrales de lumière, il y a dix ans. La modification porte principalement sur les dimensions des dynamos qui sont actuellement portées à une valeur dont on n'avait nulle idée auparavant, et sur leurs effets utiles qui approchent de la perfection.

Il y a dix ans les dynamos de 100 kilowatts étaient considérées comme énormes; à l'heure actuelle c'est le plus petit type qui soit construit pour la traction et on ne l'emploie même presque plus.

Les puissances employées ont été successivement portée: 500, 800 et même 1 500 kilowatts, ces dernières corresp à une puissance de plus de 2 000 *ch*; et on parle encore passer ces chiffres déjà énormes pour les prochaines ; installations projetées.

Jusqu'à 500 kilowatts (soit 750 *ch*) on a pu encore emplo transmissions par câble ou par courroie pour actionner c santes machines. Mais depuis que ces dimensions ont passées, le système de commande directe de la dynamo par de la machine à vapeur a commencé à s'implanter et mai il tend à se répandre considérablement, même pour des u puissance moindre et jusqu'à celles de 200 kilowatts.

Comme, d'autre part, l'emploi de machines à vapeur r ment lentes paraît également prévaloir, ce système a c des dynamos évidemment plus volumineuses et plus coi Il n'en est pas moins préféré pas suite de la diminution de l occupé, de sa sûreté, de sa simplicité, de la suppression c de courroies, câbles et tout organe de commande et de inconvénients qui en résultent.

Le rendement de ces machines atteint des valeurs extrê élevées qui se conservent telles, même avec des charg variées.

Pour les machines de 500 kilowatts dont il y a déjà q types en Europe, on garantit couramment 96 0/0 à pleine et 91 0/0 à quart de charge.

Dans les débuts l'emploi pour la traction de dynamos à c direct a été très critiqué par des Ingénieurs éminents, q gnaient, pour l'ensemble, le résultat des variations brusq charge, variations qui, étant transmises directement aux du moteur sans l'intermédiaire d'un lien flexible com courroie, pouvaient donner lieu à des chocs préjudiciables. pratique il a suffi, pour éviter tout effet de ce genre, de aux volants un poids et un rayon suffisants.

Aux puissances les plus faibles ces dynamos peuve leur induit fixé en porte à faux sur l'arbre de commande sition qui offre l'avantage de rendre toutes les parties de et du collecteur très accessibles, mais qui augmente consi ment la charge sur le deuxième palier. Une des dynamos nant le chemin de fer intra-mural de l'Exposition de Ch d'une puissance de 400 kilowatts, était de ce type.

Aux fortes puissances, l'induit ne peut plus être placé en porte à faux.

On le dispose alors généralement à côté du volant de la machine à vapeur quand celle-ci est à un cylindre, ou à deux cylindres compound portés par deux bâtis différents.

Quand la machine à vapeur est à deux cylindres compound portés sur le même bâti, la dynamo est, en général, portée par deux paliers qui lui sont propres et actionnée par accouplement élastique par le prolongement de l'arbre du moteur.

Le volant est alors disposé de l'autre côté.

Pour actionner ces dynamos, on emploie généralement des machines à un cylindre ou des machines à deux cylindres compound tandem jusqu'à 500 kilowatts. Ces machines sont préférées, par suite de leur élasticité plus grande qui se prête mieux aux variations fréquentes de la charge des dynamos.

Mais, au delà d'une certaine puissance, l'emploi d'un seul cylindre conduirait, avec les proportions généralement admises entre le diamètre et la course du piston, à des vitesses de piston excessives. En Amérique, on a fréquemment atteint des vitesses de 4 *m* à la seconde. Mais, évidemment, il est difficile d'aller plus loin, d'autant plus que les dimensions de tous les organes deviennent énormes.

On peut alors accoupler deux machines à vapeur, ou employer des machines compound ou même à triple expansion dans lesquelles on réduit alors le rapport de la course du piston au diamètre.

Nous donnons ci-après quelques renseignements qui seront peut-être trouvés intéressants sur les gigantesques machines de 1 500 kilowatts, employées à la station centrale de Brooklyn.

Vitesse	75 tours
Nombre de pôles	12
Poids de la machine	84 *t*
Poids de l'armature.	37 *t*

L'induit possède un diamètre de 3,20 *m* et une longueur de 0,92 *m*.

Il présente 336 encoches, contenant chacune quatre conducteurs de 120 mm^2 de section.

Le poids total de cuivre sur l'induit est de 3 200 *kg*.

Le commutateur a 2,15 *m* de diamètre et 696 segments, soit 58 par pôle. Sa longueur est de 0,61 *m* et il est en communication

avec douze séries de balais en charbon présentant une sectio totale d'environ 1 000 cm^2 correspondant à un débit de seulemer 5 ampères par centimètre carré.

La résistance intérieure de l'induit est de 0,004 à 60°, de tell sorte qu'à pleine charge, la chute de potentiel n'y est que d 10 volts, soit à peine 1,6 0/0 de la tension totale.

L'enroulement des inducteurs comporte 8 000 ampère tour sur chaque bobine d'électro et leur résistance totale est d 54,7 ohms correspondant à une intensité d'à peine 11 ampère pour le courant d'excitation, c'est-à-dire à peine 0,4 0/0 du cou rant total.

L'induction spécifique à 600 volts, atteint 14 400 unités C. G. S dans l'armature et 13 000 unités dans le fer des inducteurs.

Le rendement électrique à pleine charge est de 98 0/0. Quan au rendement commercial, il varie de 0,95 jusqu'à 0,97, depui le 1/4 de charge jusqu'à pleine charge, ainsi que le montre l courbe de rendement ci-après représentée.

Cette dynamo est directement couplée à une puissante machin à triple expansion du système Allis Corliss tournant à 75 tour par minute et pouvant développer de 2 000 à 2 500 *ch*.

Le fonctionnement de cet ensemble a donné des résultats éco nomiques des plus remarquables et la consommation de charbo par kilowatt-heure produit au tableau de distribution a été abais sée au-dessous de 1 200 *g*, comme moyenne d'exploitation. L main-d'œuvre, l'entretien et le graissage ont aussi été très réduits de telle sorte que le kilomètre heure revient à moins de 0,04.

CHAPITRE III

Métropolitain de Chicago et locomotives de Baltimore.

§ 22. — La même année 1895, marquée déjà par tant de pro grès, a vu l'inauguration de deux des plus remarquables applica tions de la traction électrique sur voies ferrées et qui ont eu chacune dans leur genre, de brillants succès.

Nous voulons parler du métropolitain électrique de Chicago e des puissantes locomotives électriques du chemin de fer de Balti more-Ohio sur lesquels la presse spéciale a déjà donné beaucou de renseignements.

La ligne de la Metropolitan West Side Elevated, dont les pr

mières études datent de 1892, était, en principe, destinée à être exploitée au moyen de locomotives à vapeur, comme les Elevated de New-York. Mais le brillant succès obtenu à l'Exposition de Chicago par le chemin de fer intra-mural qui en faisait le service et qui était mû par l'électricité, décida les administrateurs de la Compagnie à recourir au nouveau mode de traction. Il y a lieu de remarquer, qu'au moment où fut prise cette décision, la ligne était entièrement construite, les superstructures et la voie terminées; ce fut donc une simple adaptation de la traction électrique à une voie ferrée ordinaire, adaptation comme il pourrait, avec peu de modifications, s'en faire à n'importe quelle ligne de chemin de fer.

Les raisons qui militaient en faveur de la traction électrique étaient, en effet, nombreuses et la désignaient vraiment tout à fait pour un service de ce genre : absence de fumée, d'étincelles, grande facilité de démarrage des moteurs électriques, suppression de lourdes et bruyantes locomotives, enfin, économie marquée de frais d'exploitation. Toutefois, ce ne fut qu'après beaucoup d'hésitations et d'études approfondies que l'on se risqua à en faire l'application.

§ **23.** — La ligne actuelle aura un développement total de 30 *km* entièrement en viaduc, mais à l'heure actuelle, plusieurs de ses embranchements ne sont pas encore terminés, et il n'y a qu'environ 10 *km* exploités électriquement.

Il fut décidé que les conducteurs électriques seraient constitués, comme dans le chemin de fer intra-mural, par des rails en acier portés par des isolateurs à peu de distance au-dessus du sol et que le contact se ferait au moyen de sabots en fonte portés par les voitures motrices.

Ces rails conducteurs pèsent 25 *kg* le mètre courant et les isolateurs sont constitués simplement par des cubes de bois bouillis dans la paraffine, espacés de 1,50 *m* et fixés sur la partie extérieure des traverses.

Les cubes en bois de pin sont munis d'une rainure formant larmier pour empêcher en temps de pluie l'eau de ruisseler sur leur partie inférieure et de former une nappe continue entre le rail et le support en fonte; ils constituent le seul isolement des conducteurs. On s'attendait à ce qu'il se produisit des pertes considérables spécialement les jours de pluie, le système d'isolement employé paraissant assez médiocre; mais il n'en a rien été et

quoique la tension de régime dépasse 500 volts, les pertes à terre ont été insignifiantes par les plus mauvais temps, compara tivement à l'énorme débit de la ligne.

Les rails conducteurs sont éclissés entre eux pour assurer leu continuité mécanique; leur jonction électrique se fait au moye de bandes de cuivre rivées sous le patin au moyen de rivets e cuivre.

Les feeders d'alimentation sont également constitués par de rails Vignole supportés par des blocs en bois paraffinés reposa sur les traverses par l'intermédiaire d'isolateurs en porcelain Les connexions de ces rails avec les rails d'alimentation sont fait par des fils de cuivre soudés aux bandes de cuivre reliant de rails entre eux.

Les rails conducteurs sont seuls apparents : les feeders sont e fermés dans une conduite en bois sur laquelle les agents de l'e ploitation peuvent circuler sans danger.

Tous ces conducteurs sont constitués par de vieux rails de qu lité inférieure et qui conviennent parfaitement à cet usage : le emploi a permis de réaliser une très grande économie car si prix égal leur conductibilité est seulement le 1/6 de celle cuivre, leur prix est près de quinze ou seize fois inférieure et l frais de mise en place ne diffèrent pas énormément.

Le retour de courant se fait par les rails de roulement et l'i frastructure métallique du viaduc.

Les feeders forment six embranchements reliés séparément l'usine centrale. Chaque embranchement est muni d'un interru teur automatique coupant la communication au tableau au cas court circuit sur l'embranchement correspondant.

§ 24. — La station génératrice est des plus remarquables et y a accumulé tous les derniers perfectionnements tant dans partie mécanique que dans la partie électrique.

La puissance actuelle est de 6 000 *ch* répartis en deux unités 2 000 *ch* et deux de 1 000 *ch*.

Chaque machine à vapeur est du type vertical Corliss à de cylindres compound.

Ces machines de 2 000 *ch* ont pour dimensions de cylind 92 *cm* et 1,83 × 1,22 *m*.

Elles tournent à raison de 75 tours par minute et actionn des dynamos de 1 500 kilowatts de la General Electric, du ty que nous avons déjà décrit.

Les machines de 1 000 *ch* ont pour dimensions de cylindre 89 *cm* et 1,17 *m* × 1,22 *m*.

Elles tournent à 100 tours et actionnent des dynamos analogues aux précédentes, mais de 800 kilowatts seulement.

Les chaudières sont au nombre de douze de 300 *ch* ; le charbon est du poussier qui coûte moins d'un dollar la tonne et il est transporté par des moyens mécaniques depuis le point de déchargement des wagons jusqu'aux foyers à chargement automatique des chaudières.

§ 25. — Le matériel roulant n'est pas une des parties les moins intéressantes de cette installation ; il se compose actuellement de 55 voitures automotrices et de 100 voitures de remorque.

Tous ces wagons sont du type à bogies rappelant par sa forme et ses dimensions le type ordinaire du wagon de voyageurs américain.

Les voitures automotrices sont munies à chaque extrémité d'une cabine pour le machiniste, ces cabines empiétant moitié sur le compartiment d'intérieur et moitié sur la plate-forme servant de vestibule. Il y a 48 places assises et les sièges sont disposés longitudinalement comme dans une longue voiture de tramways : l'accès se fait au moyen de portes placées aux deux extrémités.

Nous ferons remarquer que cette disposition générale dans les wagons ordinaires des banlieues américaines, n'est pas très avantageuse au point de vue de la rapidité de l'écoulement : elle n'a peut-être pas beaucoup d'inconvénients avec la race flegmatique anglo-saxonne, mais elle ne s'appliquerait pas aussi bien au tempérament et au caractère français et il serait certainement préférable sur le Métropolitain projeté à Paris, au point de vue de la facilité des dégagements, de la diminution de stationnement dans les gares encombrées, de conserver notre disposition ordinaire de wagon à compartiments.

Les voitures sont naturellement éclairées et chauffées à l'électricité ; ce dernier système n'est certainement pas le plus économique qu'on puisse réaliser ; mais il a été choisi malgré son coût plus élevé par suite de sa commodité, de ses avantages hygiéniques et parce qu'on a voulu faire passer avant toute considération la commodité et le confort des voyageurs.

Leurs dimensions sont les suivantes :

12,20 *m* de longueur de caisse.

14,40 *m* de longueur totale.

2,60 *m* de largeur.

2,80 *m* de hauteur.

Leur poids total avec leur équipement électrique est de 29 à vide.

Celui des voitures de remorque est de 22 000 *kg* à charg

Chaque voiture automotrice est actuellement actionnée pa moteurs General Electric 2 000 pouvant lui imprimer une variant de 40 à 45 *km* à l'heure. Ces moteurs, absolumen blables à ceux que nous avons déjà décrits, sont montés même bogie et permettent de développer à la jante des un effort normal de 1 800 *kg*, pouvant dépasser 3 000 au rage.

Aussi ces démarrages se font-ils avec une très grande titude quoique chaque voiture automotrice remorque de trois voitures ordinaires, faisant au total, complètement ch un train d'environ 80 à 100 *t*.

Plus tard, quand le trafic se développera, on ajoutera autres moteurs semblables aux voitures automobiles, de n à leur permettre de remorquer cinq voitures ordinaires, formant un train de plus de 140 *t*.

Les freins sont actionnés par l'air comprimé et celui fourni par un petit compresseur logé dans la cabine du niste et actionné par un petit moteur électrique porté même bâti.

Le fonctionnement du contrôleur ou coupleur est à pe semblable à celui du type ordinaire de la General Electri voiture de tramways; mais les dimensions sont beaucou grandes, les intensités de courant à débiter étant bien supér De plus des dispositions particulières ont été prises pour é glissement des roues au démarrage, qui pourrait se produi la disposition de plusieurs moteurs en séries : il se pourrait, qu'avec cette disposition un des moteurs moins chargé, de fasse patiner la roue correspondante et crée une force cont tromotrice qui diminue l'intensité de courant suffisamme empêcher les autres moteurs de démarrer.

Pour cela, le contrôleur permet d'effectuer les communi suivantes :

En tournant la manivelle dans le sens des aiguilles montre, on commence par établir les connexions ordinair sistant à mettre les moteurs en séries avec, puis sans résis et enfin au bout d'un tour et demi à les mettre en paral

on achève le second tour, on intercale de nouveau des résistances croissantes dans le circuit jusqu'à la fin du second tour où le circuit est rompu.

On peut donc démarrer soit en mettant les moteurs en série en manœuvrant la manette dans un sens, soit en les mettant de suite en parallèle, en manœuvrant dans le sens inverse.

Au début, ces contrôleurs étaient manœuvrés au moyen de l'air comprimé à cause de leurs grandes dimensions; mais bientôt on se rendit compte que cette complication était inutile et maintenant ils sont directement manœuvrés par le wattman, sans que celui-ci ait à développer d'efforts exagérés. Les différentes portées en sont largement calculées pour offrir aux contacts toute la surface désirable et l'expérience a montré que l'usure en était très faible. Toutes les pièces exposées à l'usure sont d'ailleurs disposées de manière à être très facilement remplacées et à très peu de frais. Depuis l'inauguration de la ligne électrique, ces contrôleurs débitant de 500 à 1 000 ampères n'ont donné lieu qu'à des frais d'entretien absolument insignifiants.

Nous avons dit que la prise de courant avec le rail conducteur s'effectuait au moyen d'un sabot en fonte. Ce sabot pèse 4 *kg* et son seul poids suffit à assurer un bon contact : il est suspendu au moyen d'articulations flexibles à une poutre en chêne formant saillie sur le truck. Chaque voiture porte quatre sabots, deux de chaque côté, de la voiture, de façon qu'il y en ait toujours deux ou au moins un en contact avec les rails conducteurs aux croisements et aux aiguillages, malgré les interruptions de ces derniers.

§ **26**. — La ligne exploitée possède une longueur d'environ 10 *km*, et il y a quatorze stations intermédiaires. La distance moyenne entre les stations ne dépasse donc pas 730 *m* environ.

La distance totale de 10 *km* est franchie régulièrement par les trains en vingt-quatre à vingt-cinq minutes, ce qui donne une vitesse commerciale d'environ 25 *km* à l'heure, malgré les arrêts extrêmement nombreux et rapprochés.

Certains trains ont pu parcourir la distance totale en vingt et une minutes, arrêts compris, c'est-à-dire avec une vitesse commerciale de près de 30 *km* à l'heure. Bien entendu, pour obtenir ces vitesses commerciales, il faut réaliser des vitesses de marche entre deux stations beaucoup plus élevées et qui varient entre 40 et 50 *km* à l'heure.

Les démarrages se font avec un effort de traction d'environ

30 *kg* par tonne pour les trains de 100 *t* et s'opèrent très rapidement. Les freins employés ont donné d'excellents résultats.

Avec des démarrages aussi fréquents, la puissance moyenne est naturellement très considérable, ces démarrages n'absorbant guère moins des deux tiers de la puissance totale consommée par parcours complet.

Néanmoins, la demande moyenne de courant ne dépasse pas 175 ampères par train de 100 *t* faisant 25 *km* à l'heure, ce qui correspond à une dépense d'environ 36 watts-heures par tonne kilométrique, c'est-à-dire un chiffre très bas pour une pareille ligne.

La dépense de charbon n'a pas dépassé 0,03 *f*, en moyenne, par train kilomètre, malgré les conditions défavorables d'un pareil service.

Le Métropolitain de Chicago inauguré l'année dernière, a, depuis, fonctionné d'une manière absolument parfaite et il a soutenu avec succès la concurrence acharnée des tramways à câble et des tramways électriques de la surface. C'est, actuellement, un des plus puissants moyens de communication de la ville; il a subi de la manière la plus brillante la dure épreuve des mauvais temps d'hiver, sans que jamais son fonctionnement ait été interrompu. Il constitue une œuvre des plus remarquables et peut certainement être cité comme un modèle des lignes de ce genre.

Il est du reste probable qu'il ne demeurera pas longtemps seul de son espèce en Amérique; toutes les lignes métropolitaines de Chicago vont subir la même transformation, et les Elevated de New-York, très éprouvés par la dure concurrence des tramways de surface, projettent de remplacer leur exploitation actuelle par locomotives à vapeur par la traction électrique. Ils espèrent ainsi accroître leurs recettes annuelles et réduire leurs frais d'exploitation dans des proportions suffisantes pour justifier la dépense considérable qui sera nécessitée pour cette transformation.

Il est probable toutefois que le système en différera sensiblement de celui adopté à Chicago et que les accumulateurs y seront employés sur une grande échelle, soit dans des sous-stations fixes pour régulariser le potentiel et le débit des machines, soit même sur les locomotives elles-mêmes, pour jouer le même rôle et pour emmagasiner l'énergie fournie aux arrêts.

Nous n'avons pas encore de détails très précis sur les frais d'exploitation du métropolitain de Chicago. Nous savons seule-

ment que pendant les six derniers mois de l'année 1895 les dépenses n'ont pas dépassé 54 0/0 des recettes. Les frais totaux d'exploitation n'ont pas dépassé 0,65 *f* par kilomètre-train et on espère les réduire à 0,60 *f*. Ces frais s'entendent pour des trains de quatre voitures pesant ensemble 80 à 100 *t*. Ils sont donc remarquablement faibles comparés à ceux des autres lignes métropolitaines et ils constituent un brillant succès pour la traction électrique.

§ 27. — Comme on le sait, il a été décidé que l'exploitation du métropolitain projeté pour Paris se ferait par l'électricité.

A ce sujet, il est bon d'attirer l'attention sur la décision regrettable à tous les points de vue qui paraît devoir être prise en ce qui concerne la largeur de la voie. Sans même entrer dans aucune considération sur les avantages ou inconvénients qui pourraient résulter d'un raccord possible avec les voies des grandes Compagnies, on peut remarquer que la voie d'un mètre se prêtera excessivement mal à une exploitation par voitures automotrices remorquant des trains importants comme ceux de Chicago; en effet, elle rendra impossible l'emploi de moteurs suffisamment puissants. Pour les dimensions à donner à ces moteurs, on est déjà limité en hauteur par la distance entre le niveau des rails et le plancher des voitures, et si on vient encore réduire considérablement la largeur disponible entre les roues, on augmentera considérablement et sans aucun avantage les difficultés du problème.

Tandis que la voie de 1,44 *m* permettrait aisément avec des roues de 0,90 *m* d'employer des moteurs de 125 a 150 *ch*, il serait difficile avec la voie de 1 *m* de dépasser 30 à 40 *ch* et ces moteurs ne seront certainement pas établis dans d'aussi bonnes conditions que les premiers.

Il serait donc préférable, en tout état de cause, et au besoin sans modifier le gabarit de la ligne, d'augmenter sensiblement la largeur des voies.

§ 28. — Un autre point digne d'attention est l'importance, dans une exploitation de ce genre, des pertes de force vive à chaque arrêt et des dispositions qui permettent de les réduire.

Il est très facile de se rendre compte qu'avec des stations espacées de 7 à 800 *m* et des vitesses moyennes de 24 à 25 *km* à l'heure, la perte de force vive à chaque arrêt dépasse le travail absorbé en palier par la résistance propre de la voie. Cette force

vive correspond en effet à 3 500 ou 4 000 *kgm* par tonne et le travail par tonne absorbé par la résistance de la voie sur 7 à 800 m ne dépasse certainement pas ce chiffre.

Pour des vitesses supérieures à 30 *km* cette perte devient proportionnellement beaucoup plus considérable car elle croît comme le carré de la vitesse de marche; la vitesse qu'il est pratique de ne pas dépasser est donc liée étroitement à la distance moyenne des stations.

Pour réduire cette perte, deux dispositions peuvent être employées :

1° Relever légèrement le profil aux stations de manière à amortir la force vive au moyen du travail de la pesanteur qui vient ensuite faciliter le démarrage suivant.

Ce système est simple et efficace : une dénivellation de 1 *m* de hauteur seulement aurait une influence très sensible sur la dépense de courant.

2° Remplacer les moteurs-séries généralement employés par des moteurs shunt ou des moteurs à excitation indépendante, que l'on couplerait en tension au moment de l'arrêt. Il en résulterait que la force contre-électromotrice développée dépasserait le potentiel de la ligne : les moteurs deviendraient générateurs, émettraient un courant intense qui soulagerait d'autant les générateurs de la station centrale et en même temps amortiraient énergiquement la vitesse du train.

Les deux dispositions pourraient d'ailleurs être combinées. Mais il y aurait lieu alors, de prendre des précautions particulières pour éviter toute rupture brusque du contact entre les conducteurs et la voiture, ce qui, avec la grande self induction de l'enroulement en dérivation produirait des extra-courants pouvant amener des accidents fâcheux pour l'isolement des inducteurs.

Locomotives de la ligne de Baltimore-Ohio.

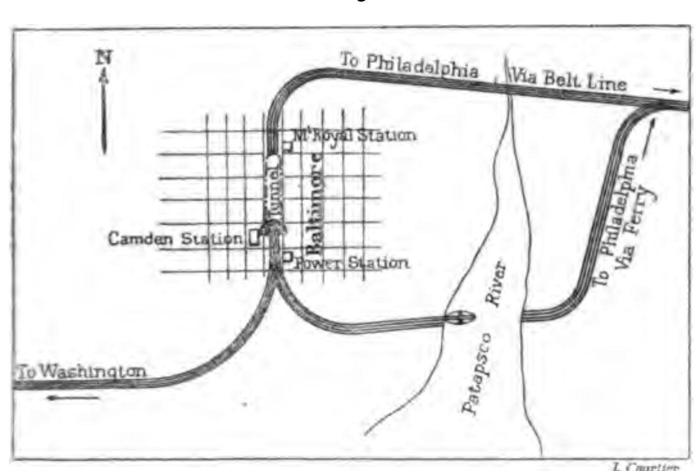
§ 29. — L'application de l'électricité aux locomotives de la Compagnie de chemin de fer Baltimore-Ohio a marqué l'année dernière un nouveau pas en avant par la nature du travail que ces locomotives étaient destinées à effectuer, et qui dépassait en importance tout ce qui avait été jusqu'alors demandé à la traction électrique.

En septembre 1890, la Compagnie du chemin de fer de Baltimore avait obtenu l'autorisation de construire dans la ville

de Baltimore un tunnel se reliant à un embranchement qui avait pour but de permettre à ses trains, se dirigeant au nord vers Philadelphie, de rejoindre directement la grande voie au delà du Patapsco River, sans être obligés de traverser ce bras de mer sur un ferry boat. Auparavant tous ces trains se dirigeant au nord étaient obligés de subir ce transbordement qui causait une grande perte de temps et mettait la Compagnie en infériorité vis-à-vis des Compagnies rivales possédant des lignes directes vers le nord.

§ 30. — Le tunnel, qui constitue par lui-même un ouvrage d'art très remarquable, commence à la station de Camden, située au cœur de la ville, s'étend sur une longueur de 2 250 *m* vers le nord, puis se continue par une ligne entremêlée de plusieurs

Fig.1



tunnels courts s'infléchissant vers l'est, jusqu'à Bay View Junction où elle rejoint l'ancienne ligne de Philadelphie. Le tout comprenant une longueur de 11 500 *m*.

Le trafic sur cette ligne devant être très intense, la question de la ventilation de ce long tunnel acquérait une grande importance; l'emploi de la locomotive à vapeur offrait de ce chef toutes sortes d'inconvénients et à moins d'une installation, toute spéciale, pour opérer cette ventilation, il fallait y renoncer. Divers projets avaient été successivement proposés et rejetés, notamment la traction par câbles sans fin, quand la General Electric, avec beaucoup d'audace offrit d'entreprendre, à ses risques et pé-

rils, la construction des locomotives électriques suffisammen puissantes pour remorquer les trains les plus lourds sur cett ligne et d'effectuer toute l'installation électrique nécessaire à l'exécution de ce projet, en remplissant complètement les conditions du programme tracé. Ces offres qui donnaient une solution complète à la question furent adoptées et il fut entendu que le service électrique serait fait de la manière suivante :

Les futures locomotives devaient fonctionner depuis la station d'Henrietta, à 550 *m* de l'ouverture du tunnel, du côté de Camden jusqu'à 1 500 *m* au delà de la station de Mont Royal située vers l'autre extrémité, c'est-à-dire sur un parcours total d'environ 4 500 *m*.

Les trains de voyageurs devaient être poussés par les locomotives électriques depuis la station d'Henrietta jusqu'à celle de Mont Royal et les trains de marchandises sur la distance entière de 4 500 *m*.

Les premiers devaient peser au total jusqu'à 500 *t*, y compris le poids de la locomotive, et marcher à raison de 56 *km* à l'heure Les deuxièmes devaient peser jusqu'à 1 200 *t* et marcher à une vitesse de 25 *km* à l'heure.

Il y avait une rampe de 8 *mm* par mètre sous le tunnel et une autre de 15 *mm* par mètre au delà de Mont Royal.

La locomotive électrique devait s'atteler à l'arrière des trains de marchandises sans que ceux-ci eussent à s'arrêter, puis les pousser en travaillant seule dans toute la partie en tunnel. Au delà, sur la partie en rampe de 15 *mm* à ciel ouvert, la locomotive à vapeur devait fonctionner également de manière que le train fût à la fois poussé et traîné sur cette partie du profil.

Les trains de voyageurs devaient être remorqués par l'avant afin d'éviter le danger de voir à la suite d'une rupture d'attelage un wagon de voyageurs se détacher et descendre la pente à la rencontre de la locomotive électrique marchant à raison de 50 *km* à l'heure.

§ 31. — Par suite de retards dans les travaux du tunnel, l'installation électrique ne put être commencée qu'en 1895 au lieu de 1893; mais ce délai fut plutôt avantageux parce qu'il permit l'application de tous les progrès considérables que fit la traction électrique durant ces deux années, et de donner à l'ensemble tout le caractère des installations modernes les plus perfectionnées. La station centrale située au sud de la station de Camden,

à Howars Street, et figurée sur le plan ci-annexé. Elle comporte un bâtiment de 98 *m* de longueur divisé en deux parties :

La salle des chaudières qui a 30 *m* de long sur 21 *m* de large;

La salle des machines qui a 68 *m* de long sur 17,50 *m* de large.

La salle des chaudières comprend 12 chaudières de 280 *m* de surface de chauffe chacune, formant six batteries de deux chaudières réparties sur les deux faces du bâtiment. Le tirage est produit mécaniquement au moyen de deux ventilateurs. Cette chaufferie est munie de tous les appareils les plus perfectionnés en vue d'assurer un parfait fonctionnement, l'économie du combustible et de la main-d'œuvre : réchauffeurs d'eau d'alimentation, broyeur et transporteur de charbon, transporteur de cendres, etc.

La tuyauterie de vapeur a été étudiée avec beaucoup de soin et munie de séparateur d'eau près de chaque moteur pour assurer la parfaite siccité de la vapeur entrant dans les cylindres.

La salle des machines comprend les appareils destinés à la traction et une importante station centrale alimentant un réseau à courants alternatifs, destinés à l'éclairage. Les premiers comprennent 4 puissantes machines Reynold Corliss de 800 *ch* compound avec cylindres tandem, tournant à 110 tours par minute, et couplées directement à 4 dynamos à 10 pôles de la General Electric, d'une puissance de 500 kilowatts. Celles-ci sont enroulées de manière à donner une force électromotrice de 700 volts à pleine charge et de 600 volts à vide, à la vitesse de 140 tours.

Le courant est transporté du tableau par 8 câbles présentant ensemble une section de 2 600 *mm* d'une part, à 3 feeders de chacun 650 *mm* et, d'autre part, à la ligne aérienne de prise de courant qui, elle-même, possède une conductibilité équivalente à un câble en cuivre de 650 *mm*.

L'autre pôle est relié aux rails et à un conducteur de retour en cuivre placé le long de la voie.

§ 32. — La ligne présente 3 voies depuis son commencement jusqu'au tunnel, deux voies sous le tunnel et quatre au delà de ce tunnel à partir de Mont Royal. L'équipement électrique de cette ligne est particulièrement intéressant par suite de la nouveauté des dispositions adoptées.

On ne pouvait songer à employer les moyens ordinaires de prise de courant aérien avec des intensités qui pouvaient atteindre 1000 ampères et, pour divers motifs, l'emploi de conducteurs au niveau du sol fut écarté.

Il fut résolu d'effectuer cette prise de courant au moyen d'un sabot en cuivre ayant la forme d'une navette et porté par un système articulé lui permettant de prendre toutes les positions possibles, en hauteur et latéralement, par rapport à la locomotive sans cesser d'amener un bon contact. Postérieurement on installa deux trolleys par locomotive. Dans la partie en tunnel les conducteurs aériens sont placés dans l'entrevoie de manière à être aussi hauts que possible, et le plus loin de la portée des serre-freins. Leur hauteur atteint, à ce point, 5,40 *m* au-dessus des rails. Ils sont constitués par deux fers Z rivés à une plaque en fer de 30*cm* de large, l'ensemble pesant environ 45 *kg* le mètre courant et offrant la disposition représentée par le croquis ci-annexé.

Ils sont supportés tous les 4,55 *m* par des isolateurs fixés à des charpentes transversales qui sont elles-mêmes supportées à la paroi supérieure du tunnel par des boulons isolés : il y a donc ainsi double isolement, ce qui rend les chances de pertes par mauvais isolement, très faibles.

En dehors du tunnel, la hauteur des conducteurs est de 6,70 *m* au-dessus des rails; ils sont fixés à des traverses supportées elles-mêmes par des chaînes constituant un polygone funiculaire maintenu à ses extrémités par des pilastres en fer. La suspension des traverses aux chaînes se fait par l'intermédiaire d'un étrier isolé au moyen d'un cône de porcelaine. Les chaînes sont elles-mêmes isolées de leurs supports en fer à l'aide de poutres en bois. Il y a donc encore double isolement. Les poutres transversales auxquelles sont fixées les chaînes ont une longueur variable avec le nombre de voies depuis 9 *m* à 19 *m* et elles sont espacées d'environ 45 *m*.

Dans les parties courbes, le conducteur ne pouvant plus rester parallèle aux chaînes de support, la disposition est un peu différente; il y a doubles chaînes supportant les extrémités des traverses, ce qui permet aux conducteurs de suivre à peu près la courbure de la voie.

Quant aux feeders d'alimentation, ils sont fixés aux mêmes traverses supportant les conducteurs aériens au moyen de crampons.

Ces différentes dispositions sont assez clairement représentées par les croquis ci-annexés pour qu'il soit inutile d'en faire une description plus minutieuse.

§ 33. — Les locomotives électriques ont été conçues de la manière la plus large et afin de dépasser en puissance les plus fortes locomotives à vapeur qui eussent été encore construites.

Leur poids a été porté à 87 000 *kg* environ et est utilisé en totalité pour l'adhérence, ce qui leur permet de développer un effort de traction double de celui des plus lourdes locomotives à vapeur.

Leurs données principales sont les suivantes :

Nombre de trucks.	2 à deux essieux
Nombre de moteurs	4 (1 sur chaque essieu)
Poids adhérent total.	87 *t*
Nombre de roues motrices	8
Diamètre des roues	1,57 *m*
Largeur de la voie	1,435
Longueur totale de la locomotive. . .	4,67
Largeur extrême	2,40
Écartement des roues de chaque truck.	2,10
Poids de chaque moteur	13 *t*

Les dessins ci-annexés donnent une idée très exacte de ces puissantes machines et de leurs différents éléments.

§ 34. — Les moteurs en constituent la partie la plus intéressante.

Ces moteurs sont à action directe et commandent l'essieu sans l'intermédiaire d'aucun engrenage. Ils sont supportés par les trucks d'une manière élastique et commandent directement les roues au moyen d'un accouplement élastique; la partie de cet accouplement solidaire de l'induit du moteur est formée par une étoile en acier à cinq branches dont les bras sont munis de projections s'engageant entre les jantes des roues motrices et actionnant celles-ci par l'intermédiaire d'un double tampon en caoutchouc. Chaque induit attaque, de cette façon, les deux roues de l'essieu correspondant. Ces induits sont du type à dents, enroulés en tambour et montés sur des axes creux, concentriques aux essieux, donnant un jeu suffisant pour les déplacements relatifs qu'ils peuvent subir; ce système de suspension permet à l'induit de tourner excentriquement à l'essieu et le préserve de tous les chocs et vibrations dus au roulement. La forme de la carcasse est pyramidale et elle présente six pôles. Il y a six balais, mais ces balais sont reliés entre eux trois par trois, de façon qu'on puisse en enlever quatre sans empêcher le fonctionnement du moteur.

Enfin, les deux moteurs de chaque truck sont montés en série,

de telle sorte que chacun d'eux n'a à développer, au maximum qu'une force contre-électromotrice de 300 à 350 volts.

Chaque moteur peut supporter aisément un courant de 900 ampères, en développant 350 *ch* à la tension de 350 volts et à la vitesse réduite de 120 tours. Mais il peut en donner beaucoup plus pendant de courts laps de temps et la vitesse peut également être considérablement accrue. En réalité, ces moteurs pourraient aisément développer 1 000 *ch*.

La cabine surmontant le truck contient les appareils de manœuvre et de sécurité : contrôleur série parallèle, pompe à air comprimé pour freins, coupe-circuit automatique, ampèremètre, wattmètre, etc. Les résistances sont placées sous le plancher de la cabine.

§ 35. — Avant la construction complète des locomotives, divers essais furent faits aux ateliers de la General Electric Company, à Schenectady en vue d'éprouver la puissance des moteurs et la résistance des accouplements élastiques des moteurs aux roues. Pour cela, un premier truck muni de ses deux moteurs fut attelé à une puissante locomotive à trois essieux couplés du New-York Central. Le poids du truck était à peu près égal au poids adhérent de la locomotive.

Les deux machines tirant en sens opposé, le truck électrique démarra sans difficulté et rapidement la locomotive à vapeur et la remorqua aisément d'un bout à l'autre de la voie d'expérience dans un sens et dans l'autre. On remarqua déjà, dans cet essai, que la locomotive électrique possédait un avantage sensible, du fait de la constance de son couple moteur, au lieu de l'irrégularité résultant fatalement de la variation des positions des manivelles de la locomotive à vapeur.

Aussitôt après la livraison de la première locomotive, divers essais très intéressants furent faits qui démontrèrent son aptitude parfaite à effectuer les deux services qui lui étaient demandés : on acquit ainsi la certitude que non seulement la vitesse garantie de 48 *km* à l'heure, dans le cas de la remorque d'un train de 500 *t*, pourrait être obtenue sur les rampes du tunnel, mais encore que cette vitesse, dans ces conditions, pourrait aisément atteindre 56 *km* à l'heure. Dans une expérience de vitesse qui fut faite avec la locomotive marchant seule, sans remorque, on atteignit, sur la rampe de 8 *mm*, la vitesse de 98 *km* à l'heure, sans le plus léger inconvénient pour la prise de courant ni pour les

moteurs. Du reste, cette vitesse ne correspond qu'à une vitesse de rotation de ces moteurs de 330 tours par minute, ce qui est très modéré.

D'autres expériences non moins intéressantes furent faites avec de lourdes charges. Une des plus dures consista à atteler à la locomotive deux trains de marchandises comprenant 44 wagons lourdement chargés de charbon, deux grosses locomotives de service ordinaire et une autre locomotive employée pour remorque. Le tout pesait environ 1 900 *t* et les locomotives à vapeur ne firent aucun travail pour assister la machine électrique. Le démarrage se fit progressivement et avec aisance, mais quand le train fut engagé sur la rampe du tunnel, l'effort de traction devint si considérable, qu'un attelage défectueux près de la tête du train céda. Après qu'on eut effectué à nouveau l'accouplement, la locomotive électrique démarra l'énorme train sur la rampe et accrut sa vitesse graduellement jusqu'à 20 *km* à l'heure, avec la plus remarquable aisance. Le courant absorbé monta à 2 200 ampères pendant la période d'accélération et descendit ensuite à 1 800 ampères. Le voltage était de 625 volts. D'après l'intensité du courant, on put calculer l'effort de traction développé : il s'était élevé à 29 000 *kg*. Pendant cet essai, les quatre moteurs étaient mis en série et développaient ainsi le plus puissant effort de traction correspondant à cette intensité du courant. Celle-ci avait atteint une valeur deux fois et demie supérieure à celle pour laquelle les moteurs étaient normalement établis. Les diagrammes des efforts de traction développés sur la barre d'attelage et relevés au moyen d'un wagon dynamomètre, donnaient, pour cet effort, une courbe différant sensiblement de celles relevées avec l'emploi de la locomotive à vapeur et beaucoup plus continue et régulière. On trouva que l'effort de traction était de 15 *kg* par ampère et qu'il fallait 144 ampères pour remorquer le propre poids de la locomotive.

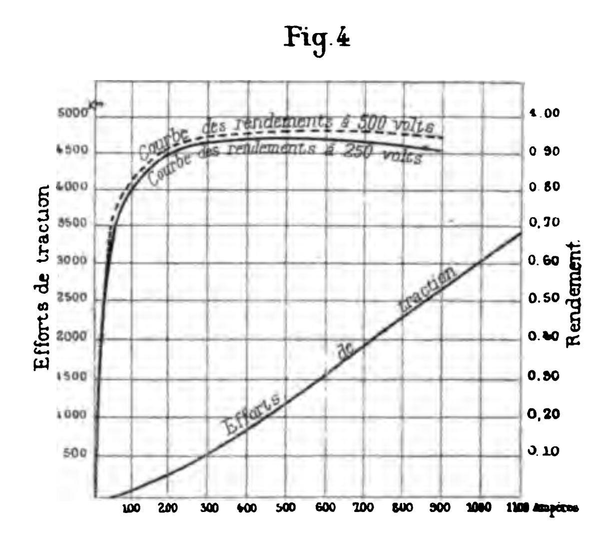
Avec un train composé de vingt-sept wagons chargés et de deux locomotives, le tout pesant environ 1 200 *t*, les résultats obtenus furent les suivants :

Le train étant placé sur la rampe de 8 *mm* du tunnel, le courant fut graduellement lancé dans les moteurs jusqu'à atteindre l'intensité de 1 500 ampères. Le démarrage se produisit alors graduellement; au bout de vingt secondes, le train avait franchi près de 8 *m*; au bout de quarante il avait franchi 50 *m*. Les résistances furent alors supprimées, et le courant baissa graduellement

jusqu'à 800 ampères; au bout de la soixantième seconde, le avait franchi 140 *m* et à partir de ce temps, il continua sa rc une vitesse régulière de 17 *km* à l'heure.

§ **36.** — Nous donnons également les résultats d'autres (faits sur les moteurs séparés, avant leur montage sur les motives, montrant les courbes de rendement à différentes ch:

Fig. 4



l'effort de traction développé à différentes intensités et les vit correspondantes sous les allures de 250 et 300 volts.

D'après ces courbes *(fig. 4)* on voit que le rendement a depuis 90 0/0 à quart de charge jusqu'à 93 0/0 à demi-c pour revenir à 90 0/0 à pleine charge.

Ces rendements ont été calculés à faible vitesse; à la te de 350 volts, ils seraient plus élevés encore, parce que la pe de tension par suite de la résistance intérieure qui forme les de la perte à pleine charge, aurait une valeur proportionı ment moindre.

A 500 volts et à pleine charge de 900 ampères le rendeme teindrait d'après ces couches 94 0/0 et à demi-charge 95 0

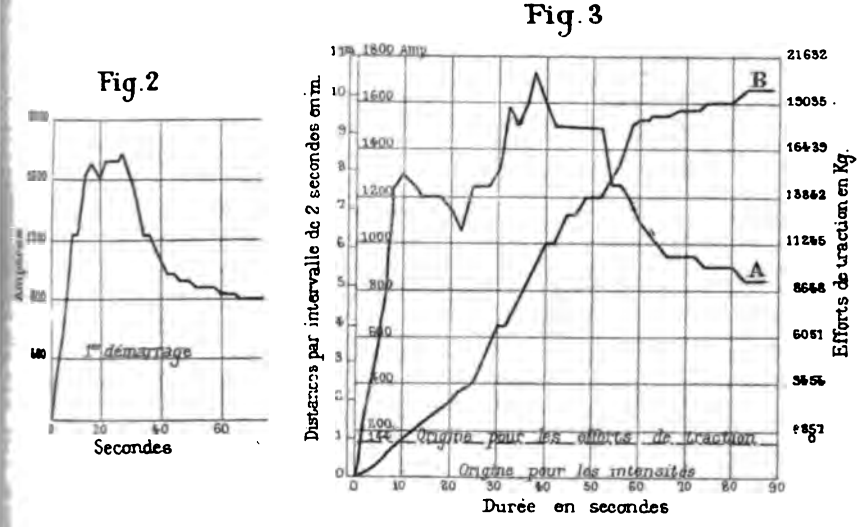
La perte par hystérésis et courants de Foucault est extı ment faible.

Les courbes ci-après figurées *(fig. 2 et 3)* représentent le co absorbé par la locomotive pour deux démarrages sur ramı 8 *mm* d'un train pesant 875 *t*.

Les courbes de la figure 3 représentent simultanément :

1° Les efforts de traction et courants absorbés pendant le démarrage d'un train de 910 *t* sur la rampe de 8 *mm* ;

2° La variation de la vitesse pendant ce démarrage.



Cette dernière courbe montre qu'au bout de 80 secondes la vitesse avait atteint 18 *km* à l'heure, avec les quatre moteurs en série.

§ 37. — Il serait intéressant de comparer les dépenses d'exploitation avec celles qu'aurait nécessité l'emploi de locomotives à vapeur ; mais il est difficile de le faire dès maintenant avec précision, car il n'y a encore qu'une seule locomotive électrique en service ce qui est évidemment très désavantageux, puisque avec le service complet, les frais d'usine centrale et les frais généraux seront à peu près les mêmes.

Les résultats pendant le mois d'octobre 1895 ont été les suivants :

Usine centrale.	Main-d'œuvre et personnel.	6 800 *f*	
	Combustible	2 000	
	Graissage, entretien et divers.	1 150	
			9 950 *f*
Matériel roulant.	Main-d'œuvre	1 000 *f*	
	Graissage	65	
			1 065 *f*
			11 015 *f*

Trajet parcouru par la locomotive : 8 260 *km.*
Dépenses par kilomètre-locomotive : 1,33 *f.*

Mais les dépenses de main-d'œuvre et personnel de la sta
centrale ne changeront guère quand il y aura plusieurs loco
tives en service : le prix du kilomètre sera-t-il très abaissé a
moment et on peut en établir les prévisions comme suit :

1 locomotive. . . .	Prix du kilomètre.	1,33 *f*
2 locomotives . . .	—	0,86
3 locomotives . . .	—	0,70

D'autre part les dépenses de traction de locomotives à marcl
dises de la même compagnie varient de 0,65 *f* à 1,10 *f* par k
mètre soit en moyenne 0,82 *f* et ces locomotives développent
puissance sensiblement moindre.

Par suite les locomotives électriques seraient d'un emploi
nomique et quoique ce ne soit pas ce motif qui ait guidé c
leur adoption ce résultat n'en vient pas moins encore la just
davantage.

Disons en terminant que la ligne aérienne mise en service
puis neuf mois s'est parfaitement comportée : malgré le pass
fréquent dans le tunnel de locomotives à vapeur crachant la fu
et la vapeur, l'isolement de cette ligne s'est remarquablem
maintenue : la perte à la terre ne dépasse pas quatre amp
en moyenne, ce qui correspond à une isolation de près c
mégohm par kilomètre. Le fonctionnement de la prise de c
rant n'a donné lieu à aucune difficulté spéciale et tout l'entre
de la ligne s'est réduit à la préserver d'une attaque trop profo
de la rouille dans les parties en tunnel.

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE IV

§ 38. — Les exemples que nous venons de passer en revue montrent surabondamment que, dès maintenant, le champ d'application des moteurs électriques n'est plus limité aux simples tramways urbains et qu'ils ont déjà fait leurs preuves dans des genres très différents.

On remarquera particulièrement qu'aucune des récentes applications qui ont été successivement tentées dans ces derniers temps n'a trompé les prévisions des promoteurs de ces entreprises et que toutes, à divers titres ont été des succès et ont marqué un pas en avant bien définitivement acquis.

Sur les nombreuses lignes d'intérêt secondaire qui l'emploient déjà à l'heure actuelle, l'électricité a montré qu'elle constituait la meilleure solution des chemins de fer légers et des chemins de fer sur routes.

Avec le chemin de fer intra-mural de l'Exposition de 1893 et surtout avec le nouveau métropolitain de Chicago, elle a montré son aptitude admirable à s'adapter aux services les plus chargés nécessités par les lignes à trafic intensif, comme la plupart des réseaux métropolitains et il est très probable que, dans l'avenir, il ne s'en fera pas autrement que mus par l'électricité.

Sur les lignes de Nantasket-Beach et de Mount-Hoully qui donnent déjà une idée véritable de ce que serait un chemin de fer électrique, elle a montré la possibilité d'appliquer avec succès, sur une échelle très agrandie, les systèmes et les dispositifs qui paraissaient réservés jusque-là aux trains légers à vitesse modérée et sous ce rapport ces lignes constituent certainement une des plus intéressantes innovations de l'année 1895.

Enfin les énormes locomotives de Baltimore ont montré que le nouvel agent était capable aussi de reculer toutes les limites de puissance admises jusqu'à ce jour.

Cette suite continue de succès obtenus tous par des moyens très différents et dans des installations de caractère très dissemblables est donc bien faite pour inspirer confiance aux enthousiastes, leur faire croire que le rôle de l'électricité ne se bornera

pas là et que le même succès couronnerait d'autres tentatives e core plus hardies et d'une portée plus grande.

Toutefois l'enthousiasme n'est pas une garantie de réussite celles que nous venons de citer sont dues bien plus à l'exame attentif et réfléchi des conditions à remplir et à une convictic basée sur des études préalables sérieuses qu'à un entraineme irraisonné.

Si nous voulons examiner les moyens d'action de la tracti électrique dans la lutte qui s'engagera entre la vapenr et ell nous avons maintenant d'après les expériences déjà nombreuse ainsi qu'on a pu le voir, des bases solides pour apprécier au bien qu'il est possible en pareille matière, ce que la premiè pourrait faire sur une échelle plus étendue que tout ce qui a é fait jusqu'à ce jour.

§ **39.** — L'exploitation des chemins de fer comprend deux se vices dont l'importance se balance à peu près en moyenne.

Le transport des voyageurs.

Le transport des marchandises.

Le transport des voyageurs peut lui-même se subdiviser en de parties :

Le trafic local à petites distances.

Le trafic de transit à grandes distances.

Quand on examine un réseau de chemins de fer comme ce de nos grandes compagnies, on reconnait qu'il se compose général :

1° D'un certain nombre de lignes principales constituant véritables artères reliant les grands centres entre eux à de grand distances et sur lesquelles la circulation, en général est très acti

2° D'une série de lignes de moindre importance : lignes tra versales, lignes secondaires, embranchements servant au tra local à petites distances formant une série de mailles plus moins serrées et venant ainsi alimenter les grandes artè comme les ruisseaux viennent alimenter les rivières. Sur certai de ces lignes, cependant, la circulation est également très acti notamment sur les lignes de banlieue aux environs des gran villes, qu'on peut rattacher à cette deuxième catégorie.

§ **40.** — Le trafic local des voyageurs à petites distances, d le service de banlieue autour des grandes villes offre une

branches les plus importantes, ne présente pas de difficultés particulières à l'adaptation de la traction électrique et l'expérience déjà acquise à ce sujet, en Amérique, quoique durant seulement depuis peu de temps, a déjà montré qu'elle convenait très bien à ce genre de trafic, aussi bien dans le cas d'un service intensif que dans le cas d'un service modéré; elle permet des départs plus fréquents, des arrêts plus rapprochés, une vitesse moyenne plus élevée et, dans la plupart des cas, donnerait lieu à des dépenses d'exploitation sensiblement moindre et à des suppléments de recettes notables.

Les environs de Paris et, en particulier, le réseau de banlieue de la Compagnie de l'Ouest, offriraient, sous ce rapport, le plus admirable champ d'application à la traction électrique. Toutes les conditions y paraissent à la fois réunies pour en rendre cette application aussi avantageuse et aussi facile que possible et il y a lieu d'espérer que les projets déjà présentés pour cette transformation recevront bientôt un commencement d'exécution.

§ 41. — Le transport à grandes distances des voyageurs sur les grandes artères constitue un service complètement différent de celui que nous venons d'examiner et soulève des problèmes bien plus compliqués.

La caractéristique principale de ce service paraît être le souci de la vitesse qui devient de plus en plus un besoin véritable auquel toutes les compagnies cherchent à donner une satisfaction chaque jour plus grande malgré les charges considérables qui en résultent pour elles.

A côté du souci de la vitesse, il y a aussi celui du confort des voyageurs qui a été la cause d'une augmentation progressive du poids mort par place offerte; il vient, par suite, en opposition directe avec le premier but cherché et augmente considérablement les difficultés à vaincre.

Notre collègue, M. Varennes, nous a dernièrement exposé, d'une manière saisissante, les efforts qui avaient été tentés par les diverses compagnies pour résoudre ce problème, les progrès constants qu'elles avaient pu réaliser et les moyens mis en œuvre pour arriver aux résultats extrêmement remarquables obtenus à l'heure actuelle par les locomotives à vapeur.

Aussi, nous contenterons-nous d'en rappeler seulement les lignes principales.

§ 42. — Comme on le sait, deux choses limitent l'effort que peut développer une locomotive à vapeur :

1° Le poids adhérent sur les roues motrices;
2° La puissance propre de la machine.

En général, les locomotives destinées à la remorque des trains à grande vitesse ont deux essieux couplés et un poids adhérent de 25 à 32 *t*; mais leur poids propre est beaucoup plus considérable et quand on y comprend celui du tender et de l'approvisionnement d'eau et de combustible il atteint, en général, 2 fois et demie à 3 fois le poids adhérent. Ainsi les locomotives à bogies du Nord pesant 83 *t* en ordre de marche n'ont pas plus de 30 *t* de poids adhérent.

Toutefois, ce ne sont pas les conditions d'adhérence qui limitent, en réalité, l'effort qu'une locomotive de train express peut trainer. Cette limite provient uniquement d'une question de puissance; l'énergie étant produite sur la locomotive elle-même au fur et à mesure de la marche, cette puissance développée est inévitablement limitée par la puissance de vaporisation de la chaudière.

On a été constamment en renforçant et en perfectionnant cette dernière, on a augmenté la surface de chauffe en allongeant la chaudière et en remplaçant les tubes lines par les tubes à calettes. On a donné à la surface de grille le maximum de ce que permettait l'empattement de la voie et la nécessité du chargement. Le tirage artificiel a permis d'atteindre pour la combustion par mètre courant de grille des chiffres qui paraissent vraiment fantastique quand on les compare à ceux qui sont pratiqués sur les autres chaudières.

Enfin on est arrivé aux résultats vraiment merveilleux que nous admirons maintenant et qui font de la locomotive actuelle une des meilleures preuves de ce que peut le génie de l'homme quand il se porte avec persévérance sur un but unique.

Mais tout a une limite et il semble vraiment que cette limite soit actuellement atteinte par les locomotives à vapeur.

En fonctionnement, au fur et à mesure que la vitesse augmente le nombre des coups de piston augmente en même temps, et comme le poids de vapeur admis à chaque cylindre ne dépend que de la résistance totale du train, il en résulte que la dépense totale de vapeur s'accroît rapidement avec la vitesse à réaliser : 1° parce que la résistance du train augmente avec la vitesse;

2° parce que le nombre des coups de piston à la minute suit la même progression que cette dernière.

Il arrive donc un moment où cette dépense arrive à la limite de ce que peut permettre la vaporisation de la chaudière et, pour dépasser cette vitesse, il faut de toute nécessité diminuer l'effort moyen sur les pistons et par suite la résistance du train, c'est-à-dire le poids de ce train et, l'utilisation de la machine.

A chaque vitesse, pour une locomotive donnée, correspond donc un poids limité de train et inversement. Ce poids limite pour les vitesses actuellement en usage courant, est bien inférieur à celui que l'adhérence permettrait d'atteindre et c'est la raison pour laquelle il y a une certaine tendance en Angleterre à revenir pour la traction des express rapides à l'emploi de locomotives à roues libres, un seul essieu moteur chargé à 17 ou 18 *t* procurant une adhérence suffisante pour le train qui permet de traîner la puissance de la chaudière. Nous citerons particulièrement les nouvelles machines à grande vitesse Great Western et du North Eastern qui n'ont qu'un essieu moteur et un poids adhérent de 18 *t* environ.

D'où il résulte en parenthèse qu'une locomotive ne pesant que ce poids et possédant la même puissance utile pourrait les remplacer avec avantage pour la traction des express rapides.

Comme notre ancien Président, M. du Bousquet, l'a si nettement établi, cette limite de puissance est donc bien la vraie et la seule raison de la limitation de la vitesse et toute diminution du poids spécifique permettra d'accroître encore cette dernière.

Avec les types les plus modernes on est arrivé à réaliser des machines ne pesant pas plus de 75 à 80 *kg* par cheval indiqué aux cylindres à vapeur, comprenant tender et approvisionnements; par exemple, les récentes locomotives compound du Nord pesant en ordre de marche 83 *t* peuvent développer jusqu'à 1 100 *ch* indiqués dans les cylindres et cela pendant un laps de temps considérable, suffisant en tous cas pour franchir à toute vitesse les plus longues rampes sur lesquelles sont nécessitées ces puissances maxima.

§ **43.** — Ce n'est pas le poids par cheval indiqué qui importe le plus, mais bien le poids par cheval effectif disponible à la barre d'attelage du tender, car, en réalité, ce dernier travail est le seul utile et dont la réalisation procure un bénéfice.

On a donc à faire entrer en ligne de compte le travail absorbé

par la propulsion de la locomotive et comme la proportion de ce travail varie considérablement avec la vitesse, le travail par unité de poids au crochet d'attelage dépendra aussi de celle-ci. Le problème est même plus compliqué en réalité, car la puissance que peut développer une locomotive dépend elle-même assez sensiblement de la vitesse.

Si nous portons en abscisses les vitesses et en ordonnées les puissances indiquées aux cylindres et les puissances absorbées par le mouvement propre de la locomotive, nous aurons pour chaque machine deux courbes dont la différence des ordonnées représentera le travail disponible au crochet d'attelage du tender et dont le rapport représentera le maximum du rendement de cette locomotive à la vitesse considérée.

Il serait intéressant de connaître exactement ces courbes pour les différentes machines et leur examen serait très certainement très instructif, mais on n'a fait que rarement des expériences pour les déterminer directement.

Toutefois la mesure du rendement a été souvent faite, car elle est beaucoup plus facile et on a constaté qu'aux grandes vitesses il dépassait rarement 0,55, c'est-à-dire qu'on ne retrouvait à la barre d'attelage que plus de la moitié de la puissance développée par la machine elle-même ; la moyenne du rendement sur un parcours entier est même moindre que ce maximum, et on peut dire qu'il ne dépasse pas 0,50. Ainsi les locomotives à grande vitesse des récents types développant 1 000 à 1 100 *ch* indiqués dans les cylindres à vapeur n'en offrent guère plus que 550 à 600 à la barre d'attelage.

Par exemple les locomotives du Nord peuvent remorquer à une vitesse de 80 ou 85 *km* à l'heure un train de 175 *t* sur une rampe de 5 *mm* par mètre.

La résistance par tonne de train dans ces conditions étant de 11 *kg* par tonne environ, ce qui donne un effort de traction à la barre d'attelage de 1 900 *kg*, ceci correspond à un travail de près de 600 *ch*, comme nous le disions tout à l'heure.

Les locomotives de Paris-Lyon-Méditerranée et celles du Midi donnent à peu près les mêmes résultats.

Ces résultats semblent donc limiter d'une part, les vitesses qu'il est possible d'obtenir à moins de réduire encore très considérablement l'effet utile de la locomotive pour un faible bénéfice réalisé en faveur de cette vitesse et, d'autre part, le poids du train qu'il est possible de remorquer aux allures qui sont deve-

nues maintenant d'un usage courant pour tous les grands express.

Ce dernier point a une importance très considérable sur certaines grandes artères excessivement chargées comme, par exemple, la grande ligne de Paris-Lyon, où il est devenu d'une véritable difficulté de faire passer tous les trains nécessités par le trafic et où le doublement de certains de ces trains constituerait une amélioration très appréciable du service.

§ 44. — De même que nous constatons des limites supérieures pour la vitesse et pour la puissance des trains, nous pouvons également constater des limites inférieures.

En effet, pour obtenir une bonne utilisation de la locomotive il faut éviter de lui demander un travail utile trop faible, c'est-à-dire éviter de diminuer le poids des trains au-dessous d'une certaine limite et on ne réaliserait même aucune économie sensible dans les frais de traction en diminuant de quelques unités en dessous de cette limite le nombre de wagons remorqués.

On est conduit, par conséquent, à faire circuler sur des lignes à faible trafic des trains plus importants qu'il ne serait nécessaire et d'espacer considérablement ces trains alors qu'un service plus fréquent avec des trains plus légers serait certainement beaucoup plus avantageux.

En un mot, la locomotive à vapeur par son essence même, interdit également la grande puissance et la petite puissance, et ne se prête avantageusement qu'à des puissances moyennes auxquelles le service de l'exploitation doit se conformer.

§ 45. — En ce qui concerne les locomotives de marchandises, nous ferons remarquer que c'est le poids adhérent qui limite l'effort de traction, mais cette limite est si élevée que, pratiquement, on n'aurait guère d'intérêt à la reculer davantage.

Quant à la limite inférieure elle est, au contraire, toujours déterminée par la nécessité d'assurer un effet utile convenable à ces machines.

Nous ferons remarquer, à cet égard que, sur la plupart des lignes, le rendement des locomotives à marchandises n'est guère plus élevé, en moyenne, que celui des locomotives à voyageurs quoique le rapport du poids mort à celui du train remorqué soit beaucoup plus faible.

Ceci provient de ce que la résistance moyenne par tonne de train est bien moindre pour les trains de marchandise marchant

à faible vitesse que pour les trains rapides de voyageurs, tandis que la résistance par tonne de locomotives est, au contraire, beaucoup plus élevée que celle des machines à roues libres ou à deux essieux couplés. Il en résulte que, même pour le poids de train maximum que permettent de remorquer les rampes du profil, le rendement moyen ne dépasse guère 0,60 et qu'il diminue sensiblement quand le poids de train est inférieur au maximum.

§ 46. — Ceci posé, examinons les différents moyens à l'aide desquels la traction électrique pourrait être réalisée sur les grandes voies ferrées.

Ils peuvent se subdiviser en deux catégories essentiellement différentes :

1° Au moyen de locomotives autonomes transportant avec elles leur somme d'énergie et dont les types les plus saillants sont :

a) Les locomotives Heilmann;

b) Les locomotives à accumulateurs;

2° Au moyen de moteurs électriques empruntant le courant à une station centrale fixe, par l'intermédiaire de conducteurs continus placés le long de la voie.

Locomotives Heilmann.

§ 47. — Les locomotives Heilmann sont déjà trop connues pour qu'il soit nécessaire en faire une longue description. Le sujet a déjà été traité, il y a peu de temps, plus complètement et d'une manière plus approfondie que nous n'aurions pu le faire et nous n'y reviendrons que pour soumettre quelques observations qu'il nous a inspirées et qui, très probablement, sont aussi déjà venues à l'esprit de beaucoup de nos Collègues.

Nous ferons remarquer, d'abord, que l'électricité ne joue dans cette machine qu'un rôle tout à fait secondaire et qui se réduit en réalité à celui d'une simple transmission de mouvement des moteurs aux essieux. La vapeur au lieu d'actionner directement ces essieux à la manière ordinaire par bielles et manivelles, le fait par l'intermédiaire d'une dynamo et de moteurs électriques.

A part ceci, la locomotive Heilmann est une locomotive à vapeur dans le véritable sens du mot, et l'on peut ajouter une assez médiocre locomotive à vapeur.

Si l'on cherche, en effet, à faire le bilan des avantages que pourra procurer une pareille disposition, il ne peut guère en être revendiqué d'autres que :

1° De permettre l'utilisation complète du poids, comme poids adhérent ;

2° De réaliser la propulsion par des moteurs à couple à peu près constants et dépourvus de mouvements perturbateurs que produisent toutes les machines à mouvements alternatifs (et encore ce résultat ne peut être véritablement atteint qu'en équilibrant parfaitement la machine à vapeur au moyen des dispositifs que nous ont décrits MM. Mazen et de Grièges).

Quant au premier avantage, nous avons déjà vu que ce n'était pas l'adhérence qui manquait aux locomotives des trains express et qu'il n'était guère nécessaire de chercher à l'augmenter.

Quant au second avantage, il a bien son importance, mais évidemment il ne faut pas aller jusqu'à lui sacrifier les principes les plus essentiels qui doivent guider dans la constitution d'une locomotive.

En effet, les inconvénients de la disposition Heilmann nous paraissent nombreux et de grave importance.

Nous avons déjà fait remarquer que, pour améliorer le service de locomotive à vapeur, il fallait surtout en diminuer le poids par cheval utile développé ; ce poids par cheval développé à la barre d'attelage du tender, bien entendu à vitesses égales et dans les mêmes conditions de profil, nous paraît donner la vraie mesure d'une locomotive comme outil de traction. C'est principalement à le réduire que les efforts ont constamment été dirigés et dans les derniers types de machines on est arrivé, sous ce rapport, aux résultats extrêmement remarquables qui nous ont été déjà plusieurs fois signalés.

Or, dans la locomotive Heilmann, loin de réduire ce poids, on l'augmente dans des proportions énormes, en descendant même au-dessous de ce qu'on était déjà arrivé à faire, il y a plus d'un quart de siècle.

Notre Collègue, M. de Grièges, dans sa très intéressante communication, nous a expliqué que les deux nouvelles machines en construction pourraient développer aux cylindres moteurs une puissance indiquée de 1 350 à 1 400 *ch* et il nous a donné un détail des moyens qui ont été employés pour réaliser une machine et une chaudière donnant ce résultat. Mais sous le rapport des

poids, il ne nous a fourni aucune indication précise, se contentant d'exprimer la pensée qu'il ne dépasserait pas **120** *t*. Il me semble qu'il y a sur ce chiffre quelque confusion et que, dans la pensée de M. de Grièges, il ne comprenait aucun approvisionnement d'eau et de combustible ou du moins l'approvisionnement qu'il serait indispensable en pratique de donner à cette locomotive.

§ 48. — Voici les motifs sur lesquels se base cette appréciation :

La locomotive dont on nous a soumis le dessin schématique se compose :

1° De deux bogies à quatre essieux, chacun actionné par un moteur;

2° D'une chaudière correspondant à une puissance de 1 400 *ch*

3° D'une machine à vapeur de 1 350 à 1 400 *ch* accouplée à deux dynamos d'environ 400 kilowatts chacune;

4° D'un châssis général portant chaudière, machines, appareil accessoires et surmonté d'une cabine abritant le tout;

5° De quelques appareils accessoires : excitatrice, machine actionnant l'excitatrice, tuyauterie, robinetterie, tableaux de distribution, appareils de manœuvres, etc.

Cherchons à nous rendre compte du poids minimum qu'il est possible d'assigner à ces différentes parties.

Nous trouvons dans l'*Engineering* du 28 septembre 1894 l'indication du poids des moteurs électriques.

Ce poids serait de 3 300 *kg* par moteur, ce qui correspondrait à 26 *kg* par cheval et constituerait déjà un progrès très sérieux sur les moteurs de la première locomotive Heilmann qui pesaient 36 *kg* par cheval.

Par suite il est difficile d'assigner à chaque essieu entièrement monté avec son moteur et ses boîtes à graisse un poids inférieur à 5 000 *kg*.

Il en résulterait pour les quatre essieux d'un bogie un poids total de 20 000 *kg* et pour l'ensemble de ce bogie avec les plaques de garde, les ressorts de suspensions, appareils de frein, etc. au moins 25 à 26 000 *kg*.

Il y a deux bogies semblables : nous aurons donc déjà de ce chef 50 à 52 000 *kg*.

Quant à la chaudière en ordre de marche, c'est-à-dire avec ses appareils accessoires et son volume d'eau normal, il nous paraît

difficile de lui assigner moins de 25 à 26 000 *kg* puisque les chaudières de locomotives établies absolument d'après les mêmes principes, mais dont la puissance, ainsi que l'a fait ressortir M. de Grièges n'est que les deux tiers de celles-là pèsent 18 à 20 000 *kg* en ordre de marche.

Nous passons ensuite à la machine à vapeur et aux dynamos : quant à la première, le chiffre de 8 *t* qui a été émis, nous paraît presque incroyable, au moins pour la puissance spécifiée, puisqu'il correspondrait à peine à 5,75 *kg* par cheval, c'est-à-dire moins que les machines de torpilleur dans lesquelles, cependant, on est arrivé à la perfection du genre.

Quant aux dynamos, le moins qu'on puisse vraisemblablement compter pour des machines de cette puissance et de cette vitesse est de 20 *kg* par kilowatt.

En résumé, en estimant l'ensemble à 28 *t*, soit 35 *kg* par kilowatt, nous pensons indiquer un minimum.

Il reste à ajouter le poids du châssis, celui de la cabine, des appareils accessoires, de l'excitatrice de la tuyauterie, etc., soit 18 à 20 *t*.

En faisant la récapitulation, nous trouvons :

2 bogies à 25 ou 26 000 *kg*.	50 à 52 000 *kg*
1 chaudière (à 18 ou 20 *kg* par cheval) . . .	25 ou 26 000
1 machine à vapeur et ses deux dynamos. . .	28 000
Châssis général et cabine en tôle.	14 à 18 000
Moteur, excitatrice, tuyauterie et accessoires divers.	4 à 5 000
Poids au total	121 à 126 000 *kg*

Mais nous n'avons encore rien prévu pour le service d'approvisionnements indispensables.

Or cette locomotive développant 1 400 *ch* indiqués, vaporisera au moins 15 m^3 d'eau à l'heure. Et même en lui supposant une vitesse de 100 *km* à l'heure, si on veut la mettre à même d'effectuer un parcours convenable, on sera bien forcé de lui constituer un approvisionnement de 20 à 22 *t* d'eau et de 4 ou 5 *t* de combustible, ce qui, avec le poids du tender nécessaire pour porter cet approvisionnement, fera encore un poids additionnel de 40 à 42 *t*; ce poids n'est nullement exagéré quand on pense que celui des locomotives ordinaires de puissance moindre est d'environ 38 *t*.

Nous arrivons donc ainsi au chiffre effrayant de 160 à 170 chiffre qui ne pourra cependant être réalisé que par une reche che poussée à l'extrême dans la réduction de tous les poids, c qui, en général, n'est pas une condition bien favorable pour o: tenir un excellent matériel.

§ 49. — Voyons maintenant le parti que l'on pourra tirer d cette énorme masse.

Le travail indiqué aux cylindres à vapeur de la machine pri cipale doit atteindre 1 350 à 1 400 *ch* mais ce chiffre va subir d suite une réduction importante par suite de multiples transform tions de l'énergie; on nous a indiqué comme valeur probable d rendement depuis la machine à vapeur jusqu'aux jantes d roues, le chiffre de 67 0/0. Forçons même ce chiffre : supposo un rendement de 70 et même de 75 0/0; il ne restera plus à jante des roues que 1 000 *ch* tout au plus, c'est-à-dire pas bea coup plus qu'avec les nouvelles locomotives du Nord, dont le poi est cependant moins que moitié moindre.

Nous n'avons plus maintenant qu'à déduire le travail nécessai pour la propulsion de la locomotive elle-même pour voir ce q restera disponible pour faire de la remorque utile.

Nous avons fait ce calcul dans deux hypothèses :

1° En supposant une vitesse de 100 *km* au palier;

2° En supposant une vitesse de 80 *km* en rampe de 5 *mm*.

Et si nous faisons observer que la locomotive Heilmann (destinée à être une machine de vitesse qui n'a de raisons d'ê que pour cette application, il nous paraît bien difficile de fa des suppositions plus modestes que celles-là qui sont déjà co ramment réalisées sur les chemins de fer français et anglais.

1° Vitesse de 100 *km* en palier, soit 28 *m* à la seconde.

Nous admettons pour résistance au roulement à cette vites le chiffre de 7,5 *kg* qui nous a été donné par M. de Grièges par M. Mazen, et nous admettrons qu'il s'applique aussi au trai

Par suite, chaque tonne entraînée à cette vitesse absorbera u travail de : $7{,}5 \times 28 = 210$ *kgm*.

La puissance aux essieux de la machine étant de 75 000 *kgm* le poids total du convoi pourrait atteindre

$$\frac{75\,000}{210} = 357\ t.$$

La locomotive pèse 165 *t*.
Il resterait pour le train 190 *t*.

2° Vitesse de 80 *km* à l'heure sur rampe de 5 *mm* soit 22,50 *m* à la seconde.

Nous admettrons pour résistance au roulement de cette vitesse un chiffre plus faible, soit 6 *kg* par tonne (qui nous a été donné par notre ancien président M. du Bousquet dans sa communication sur la vitesse des chemins de fer). Chaque tonne entraînée à cette vitesse absorbera un travail de

$$11 \times 22{,}50 = 247 \ kgm.$$

La puissance aux essieux de la machine étant de 75 000 *kgm*, le poids total du convoi ne pourra pas dépasser dans ce cas

$$\frac{75\,000}{247} = 300 \ t \text{ environ.}$$

Il ne resterait donc plus disponibles pour le train, que 135 *t* environ.

Or des locomotives à vapeur des récents types des chemins de fer français permettent dès maintenant d'obtenir de meilleurs résultats et à ce sujet MM. les Ingénieurs de la Compagnie du Nord pourraient certainement nous donner de précieux renseignements.

A l'étranger, et notamment en Angleterre, ils ont été également dépassés : ainsi les locomotives du Great Northern pesant au total 83 *t* en charge remorquent à une vitesse commerciale de 85 *km* à l'heure, entre Peterborough et Londres des trains de 150 à 175 *t* sur une ligne présentant de très longues rampes de 5 et 6 *mm*.

Sur le Midland des locomotives pesant 80 *t* remorquent un train de 170 *t* à cette même vitesse de 85 *km* à l'heure entre Kettering et Nottingham, et cette ligne présente une rampe de 5 *mm* sur 25 *km*.

On voit donc qu'au point de vue de l'amélioration de la vitesse il est difficile d'attendre un progrès de locomotive Heilmann.

§ 50. — Si maintenant nous examinons les résultats économiques qu'elle pourrait donner, nous arriverons à des résultats encore moins encourageants.

En ce qui concerne la consommation de combustible, elle ne pourra être que plus considérable puisque, avec une puissance ini-

tiale une fois et demie supérieure, cette locomotive ne produit, en résumé, qu'un travail utile moindre.

En second lieu, elle nécessitera la présence d'un agent supplémentaire, car il sera impossible d'en effectuer le service avec un chauffeur et un seul mécanicien et il en résultera, de ce chef, une dépense supplémentaire de 3 ou 4 000 *f* par an.

Mais la principale cause d'infériorité au point de vue économique, proviendra du coût élevé de cette machine compliquée. En effet, une locomotive express, type moderne, pèse, avec son tender, environ 60 *t* et son prix ne dépasse guère une centaine de mille francs.

D'autre part, une locomotive Heilmann pèsera, à vide, environ 125 à 130 *t* au minimum avec son tender, et, par suite de sa construction beaucoup plus délicate, de la présence de moteurs électrique d'un prix spécifique beaucoup plus élevé que celui des locomotives à vapeur, son prix au kilogramme sera au moins une fois et demie celui correspondant à cette dernière, c'est-à-dire au total, au moins 300 000 *f*.

En comptant à 6 0/0 l'intérêt et l'amortissement en vingt ans, il en résultera, de ce chef, une dépense par an de :

1° $0{,}06 \times 100\,000 =$ 6 000 *f* pour la locomotive ordinaire.
2° $0{,}06 \times 300\,000 =$ 18 000 *f* pour la locomotive Heilmann.

Soit, différence en plus : 12 000 *f* par an.

Et pour donner une idée de l'importance relative de ces chiffres, par exemple par rapport à la consommation de combustible, nous ferons remarquer qu'une locomotive de chemins de fer, en moyenne, fait tout au plus 35 à 40 000 *km* par an, en consommant 10 à 12 *kg* de charbon par kilomètre, soit en moyenne 400 *t* de houille par an, laquelle évaluée à 20 *f* par tonne ne donne qu'une dépense annuelle de 8 000 *f* seulement.

Le simple rapprochement de ces chiffres suffit pour tirer une conclusion.

Enfin nous laissons, pour mémoire, les frais d'entretien et les réparations plus considérables, les chances d'avaries plus nombreuses dans un mécanisme plus compliqué, les inconvénients qui résulteront pour la voie et pour les ouvrages d'art, du passage de masses pareilles à grande vitesse, etc.

§ 51. — Cette critique, dans les détails de laquelle nous sommes entrés un peu minutieusement par suite de l'actualité du sujet, ne

veut cependant pas dire que, dans notre opinion, les expériences qui ont déjà eu lieu et celles qui, probablement commenceront bientôt avec les nouvelles machines, soient dénuées d'intérêt. Bien loin de là ! Nous pensons, qu'au contraire elles en offriront un très grand; elles donneront aux Compagnies de chemins de fer français la meilleure occasion d'examiner et d'étudier de près le fonctionnement des moteurs électriques; elles leur permettront d'en apprécier les avantages et de les familiariser avec leur emploi. Enfin elles ouvriront, peut-être, à la véritable traction électrique, l'accès des lignes françaises.

On ne saurait donc trop féliciter M. Clérault, l'Ingénieur en chef du matériel et de la traction des chemins de fer de l'Ouest, de l'esprit d'initiative dont il a fait preuve en cette circonstance, ainsi que ses distingués collaborateurs, MM. Mazen et de Grièges, qui lui ont donné leur concours. Mais nous serions fort étonnés si, dans l'esprit de ces Ingénieurs qui ont étudié aussi la traction par conducteurs, ces expériences étaient appelées à avoir dans l'avenir une autre portée que celle que nous venons de signaler.

Locomotives a accumulateurs.

§ **52.** — Examinons maintenant les résultats que permettrait d'obtenir une locomotive électrique transportant elle-même sa provision d'énergie sous forme d'une puissante batterie d'accumulateurs.

Ceux-ci ont fait dans ces dernières années bien des progrès et tant au point de vue de la capacité que de la puissance spécifique, ils sont bien supérieurs aux types qui étaient en usage il y a huit ou dix ans.

Actuellement, on peut constituer des batteries pouvant donner aux bornes une puissance de 8 à 9 watts par kilogr. de plaque, avec une capacité de 15 à 20 watts-heures et un rendement de 0,60.

Pour obtenir un cheval sur l'essieu, il faudra fournir aux bornes du moteur environ 850 watts, ce qui nécessitera une batterie d'au moins 100 *kg* de plaque.

Le poids de cette batterie avec les récipients, les liquides, les accessoires sera d'au moins 140 *kg*, et si nous ajoutons le poids des moteurs, du châssis de la locomotive, des essieux et de tous les accessoires, nous arriverons très difficilement à ne pas dépasser 200 *kg* par cheval.

Par suite, une locomotive pouvant développer une puissanc 600 *ch* à la jante des roues pèserait, au minimum, 120 *t*.

Lancée à 80 *km* à l'heure sur une rampe de 5 *mm* cette l motive absorberait, par sa seule propulsion, une puissance d viron 400 *ch*, de telle sorte qu'il ne resterait plus que 200 *ch* ponible pour la traction, à peine de quoi permettre la remoı d'un train de 60 *t*.

Quant au rendement total de l'opération, depuis les dyna génératrices jusqu'à la barre d'attelage de la locomotive, i dépasserait pas 20 0/0.

Donc, à moins d'immenses progrès dans la fabrication de: cumulateurs, progrès qui paraissent d'ailleurs bien loin de l: tuation actuelle de la question, les accumulateurs ne semt avoir aucun avenir pour la traction des chemins de fer et t solution basée sur leur emploi exclusif paraît devoir être éca

Traction électrique par conducteurs.

§ **53**. — Par élimination, il ne reste donc plus que ce syst dont on puisse espérer tirer des résultats pratiques quoiqu soit celui vers lequel, au premier abord, les Compagnies de mins de fer paraissent avoir le moins d'inclination natur car c'est celui qui entraînera les modifications les plus profoı dans leur système actuel d'exploitation et dont la réalisation tique soulève le plus de difficultés initiales.

La solution du problème de la traction électrique par con teur nécessite la solution de trois problèmes distincts :

1° La constitution de la locomotive électrique propreı dite, c'est-à-dire l'étude de tout l'ensemble des moteurs des ess actionnés et des appareils de réglage;

2° La manière d'effectuer la prise de courant;

3° La distribution de l'énergie depuis les stations centrales qu'aux différentes barres d'un réseau.

Locomotives électriques.

§ **54**. — La première question qui se pose d'abord réside (la manière dont devra être obtenue la traction électrique (train; devra-t-on avoir recours, pour l'effectuer, à des mach spéciales, analogues aux locomotives à vapeur ?

En effet, de ce que l'exploitation des chemins de fer se fait actuellement par des locomotives spéciales, il ne s'ensuit pas du tout forcément que leur exploitation électrique devrait s'effectuer de la même façon.

L'emploi de la locomotive est parfaitement justifié dans le cas de la vapeur; il s'agit, en effet de trouver à loger une machine puissante, un mécanisme compliqué, un approvisionnement considérable d'eau et de charbon. Ceci ne peut se faire à moins d'affecter un ou deux véhicules spéciaux uniquement à porter ces organes; et cependant la tendance naturelle est de chercher à s'affranchir de cette onéreuse obligation aussitôt que cela est possible. Il nous suffira de citer les locomotives-tender employées pour la traction des trains de banlieue ou des trains vicinaux ayant un faible trajet à parcourir.

Nous pouvons citer aussi les voitures locomotives Belpaire, assez fréquemment employées en Belgique sur les lignes secondaires, malgré tous les inconvénients d'une pareille disposition où la locomotive fait partie d'une voiture à voyageurs.

§ **55.** — Dans le cas de la traction électrique et après les perfectionnements qui ont été apportés aux moteurs et aux appareils électriques, ce serait bien souvent, d'après nous, une grande erreur que de chercher à imiter la locomotive à vapeur dans une de ses imperfections et courir le risque de perdre précisément un des plus séduisants avantages de la traction électrique.

Il est, en effet, parfaitement possible de loger dans l'espace laissé disponible sur les trucks ordinaires de chemins de fer, non seulement les moteurs, mais encore presque tous les organes accessoires nécessaires, et de laisser le véhicule proprement dit porté par le truck disponible pour recevoir une destination utile : soit voiture à voyageurs, soit fourgon de bagages, soit voiture mixte de voyageurs et de bagages.

Les voitures automotrices du Métropolitain de Chicago, celles de la ligne de Nantasket, qui portent chacune une puissance de 300 *ch*, en sont la meilleure preuve.

Le poids de cette voiture et de son chargement donnera tout ce qui pourrait être demandé pour assurer l'adhérence dans de bonnes conditions et lui permettre de remorquer des trains considérables absolument analogues aux trains actuels.

De cette façon, le poids mort à transporter se réduit uniquement à celui des moteurs et de leurs accessoires.

§ 57. — Une deuxième remarque très importante qu'il import de faire, c'est qu'il n'est pas du tout nécessaire, avec la tractio électrique, de renfermer dans d'étroites limites le poids et l'im portance des trains au moyen desquels doit se faire l'exploitation

Sur chaque partie du réseau, cette exploitation pourra se fair de la manière la plus convenable et la mieux adaptée aux exigences du service à remplir et à l'importance du trafic.

Sur les lignes secondaires, sur les tronçons, les embranchements à faible trafic qui constituent une très grande portion des réseaux de la Compagnie des chemins de fer, on pourra dédoubler, détripler même les trains, suivant les cas et faire le service des voyageurs au moyen de trains légers de 30, 40 ou 50 *t*, dont la fréquence sera plus grande et dont l'exploitation pourra être fait avec la même économie que celle de trains beaucoup plus lourds

Par contre, sur les grandes artères à circulation active, on pourr employer les trains de 120, 150, 200 *t*, et sur les lignes très char gées, où les besoins du service le feraient désirer, doubler le trains en leur donnant une importance, un poids et une vitess supérieure à tout ce que pourraient permettre les plus puissante locomotives à vapeur.

Par exemple, sur la ligne Paris-Lyon-Marseille, que l'on nou citait dernièrement et sur laquelle on éprouve tant de difficulté à faire passer tous les trains exigés par le trafic, il suffirait d'atte ler, en tête des convois, des locomotives électriques dont la puis sance et l'importance n'auraient pas besoin, à beaucoup près, d'égaler celles des locomotives de Baltimore pour remorquer 3 ou 400 *t*, à 100 ou 120 *km* à l'heure.

§ 57. — En résumé, la traction électrique possède une souplesse et une élasticité qui donneront les plus précieuses facilités à l'exploitation.

On voit donc que ceux qui ne conçoivent la possibilité de la traction électrique qu'au moyen de voitures automobiles échelonnées et qui en tirent prétexte pour la condamner font une grave erreur; en effet, de ce que la traction électrique seule permet d'effectuer, quand les circonstances l'exigent, un pareil service avec une remarquable économie, il est complètement faux de conclure qu'elle n'en peut faire d'autres.

On voit aussi que l'emploi de la traction électrique n'entraîne en aucune façon l'inutilisation de tout le matériel roulant actuellement en usage : ce matériel roulant pourra, au contraire, être

employé à la composition des trains exactement de la même façon qu'à l'heure actuelle.

Ce sont là des préjugés contre lesquels il est d'autant plus difficile de réagir qu'on se donne moins la peine de les contrôler; il suffit cependant d'examiner attentivement la question pour se rendre compte de leur inanité.

§ 58. — En résumé, nous voyons que la traction électrique pourra être effectuée de différentes façons, suivant les cas :

1° Au moyen de voitures automobiles à voyageurs ou de voitures mixtes remorquant plus ou moins de wagons, pour le service local par trains légers ou pour le service de la banlieue ;

2° Au moyen de locomotives servant en même temps de fourons de bagages et capables de remorquer des trains de voyageurs emblables aux trains actuellement en service. Cette solution résentera l'avantage de réduire beaucoup les frais de personnel, arce que la conduite de la machine pourrait être faite par un eul wattman, que l'agent chargé des bagages et des colis pourait suppléer en cas d'accidents extraordinaires ou de mort subite;

3° Pour les trains de marchandises au moyen de locomotives péciales de poids et de puissance proportionnée au service à ffectuer.

Commande des essieux par les moteurs.

§ 59. — Après la question de l'emploi de voitures automotrices ou de locomotives spéciales, il y a à examiner le meilleur système le transmission du mouvement des moteurs aux jantes des roues, autrement dit la meilleure manière de constituer l'essieu moteur.

Nous avons vu précédemment qu'une pratique de plusieurs années avait donné définitivement la supériorité dans presque toutes les applications rencontrées jusqu'à l'heure actuelle, aux moteurs à simple réduction d'engrenages et nous avons expliqué les raisons de cette préférence, qui se justifie même pour des vitesses relativement élevées, atteignant 60 ou 70 *km* à l'heure.

Toutefois, pour des vitesses sensiblement supérieures et surtout pour les très grandes vitesses qui seraient un des buts ou des motifs de l'application de la traction électrique aux chemins de fer, la question peut changer de face.

Ces vitesses conduiraient, en effet, à des vitesses de rotation

des engrenages très considérables et qui viendraient concorder avec une aggravation très grande de tous les efforts et chocs dus aux inégalités de la voie et à l'inertie des pièces en mouvement.

En outre, la traction aux grandes vitesses nécessitera l'emploi de moteurs puissants pouvant dépasser 150 et 200 *ch* et dont la vitesse angulaire devra être plutôt moindre pour maintenir, dans des limites raisonnables, la vitesse périphérique de l'induit.

Ainsi, à la vitesse de 105 *km* à l'heure, la vitesse à la jante des roues atteindrait 35 *m*, et comme ces roues ont un diamètre limité, dont celui de l'induit peut être une fraction considérable (en général 55 à 65 0/0), on voit qu'il serait très difficile de maintenir aux limites usuelles la vitesse à la périphérie de ce dernier si on emploie des trains d'engrenages augmentant encore la vitesse de rotation de l'induit par rapport à celle de l'essieu.

Pour ces diverses raisons, on sera donc conduit à adapter aux grandes vitesses (et nous entendons par là celles qui dépasseraient 70 *km* à l'heure) des moteurs gearless dans le genre des moteurs Short et des moteurs de la locomotive de Baltimore; et ces moteurs tourneront, malgré cela, à une allure très convenable et qui leur assurera une excellente utilisation de leur poids.

On peut aisément déterminer la vitesse à partir de laquelle l'emploi des moteurs à action directe commencera à être avantageuse.

En effet, il est difficile de dépasser pour le diamètre de l'induit 65 0/0 de celui de la roue; d'autre part, si on se fixe 13 à 14 *m* comme minimum pour la vitesse périphérique de l'induit, on voit que le moteur à employer direct pourrait être employé à partir de la vitesse de : $\frac{13}{0,65} = 20$ *m* à la seconde, soit 72 *km* à l'heure.

En dessous de cette vitesse, et à moins de circonstances particulières, les moteurs à engrenages auront une supériorité marquée au point de vue du poids mort.

Par suite, les moteurs à engrenages devront être employés pour les locomotives de marchandises et les locomotives de voyageurs à vitesses moyennes : les moteurs gearless devront être réservés pour les locomotives des trains de voyageurs à très grande vitesse.

Mais il est indispensable que la suspension de ces moteurs soit réalisée d'une manière parfaitement élastique et étudiée de manière à les soustraire, autant que possible, aux chocs excessivement violents et destructeurs qui se produiront sur un train lancé à 120 ou 130 *km* à l'heure.

L'induit ne devra donc pas être calé directement sur l'essieu; il devra être porté sur un arbre creux concentrique à l'essieu et actionnant ce dernier par un accouplement élastique soit par ressorts, soit par caoutchouc, soit par toute autre disposition remplissant le même but.

Tout le moteur, induit, inducteur, paliers, ne devra constituer qu'une seule masse dont le poids sera porté directement par le châssis d'une manière élastique, sans que l'essieu n'ait à en supporter aucune partie.

Dans ces conditions, l'entraînement s'effectuera sans difficultés et sans inconvénients, à toutes les vitesses.

Les moteurs devront être plus largement établis qu'ils ne le sont pour les applications ordinaires de la traction, et de manière à donner peu d'échauffement après plusieurs heures de fonctionnement continu à pleine puissance.

Enfin ces moteurs devront être multipolaires, à 4 ou à 6 pôles et posséder plusieurs paires de balais tout en ayant des connexions intérieures entre les segments semblables du collecteur afin d'assurer, le mieux possible, la permanence du contact des balais sur le collecteur et offrir le plus facile passage et avec le moins d'étincelles à l'entrée et à la sortie du courant.

Toutes ces dispositions n'offrent d'ailleurs aucune difficulté spéciale et il ne manque pas de puissantes sociétés électriques qui accepteraient d'entreprendre la construction et de garantir le bon fonctionnement de pareilles machines à toutes les puissances et à toutes les vitesses.

§ 60. — Voyons maintenant quels seraient l'importance et le poids à donner à ces moteurs pour un service se rapprochant des besoins actuels des chemins de fer.

Supposons, par exemple, qu'on ait besoin de réaliser une puissance de 5 à 600 *ch*, puissance qui est bien rarement disponible au crochet d'attelage des plus fortes locomotives et qui peut être considérée comme une moyenne de ce qu'il conviendrait de faire, soit pour les trains de voyageurs à grande vitesse, soit pour les trains de marchandises.

Cette puissance pourrait être subdivisée en quatre moteurs actionnant chacun un essieu indépendant.

Or, si nous relevons, par exemple les données des différents types de moteurs de la General Electric Company, nous trouvons les résultats suivants :

1° Le moteur General Electric 1 200 à engrenages pesant 1 200 peut développer un couple de 68 unités, c'est-à-dire 250 *kg* 21 0/0 de son poids à la périphérie de l'induit;

2° Le moteur General Electric 2 000 à engrenages pesant 1 950 peut développer un couple de 125 unités, c'est-à-dire 460 *kg* 25 0/0 de son poids à la périphérie de l'induit.

Les moteurs des locomotives de Baltimore peuvent développ un couple de 2 300 unités, c'est-à-dire un effort de 4500 *kg* 35 0/0 de leur poids à la périphérie de l'induit.

Par suite, comme tous ces moteurs peuvent continuer à dév lopper leur effort de traction quelle que soit leur vitesse de rot tion, il en résulte qu'à la vitesse périphérique de 20 *m* par second

Le moteur General Electric 1 200 pourrait développer un trav de 66 *ch*, soit 18 *kg* par cheval.

Le moteur General Electric 2 000 pourrait développer un tr vail de 124 *ch*, soit 16 *kg* par cheval.

Le moteur de Baltimore développerait un travail de 1 200 soit 11 *kg* par cheval.

Tous ces moteurs peuvent d'ailleurs, pendant un certain la de temps, supporter des surcharges très considérables et qui o atteint 125 0/0 sans aucun inconvénient pour les moteurs Baltimore.

Par suite, avec 2 500 *kg* on pourra aisément réaliser un mote capable de développer en marche normale un effort de 625 *kg* à périphérie de l'induit ou environ 350 *kg* à la jante de la roue le double de ces chiffres aux à-coups et aux démarrages.

L'induit, pour cette puissance, n'aurait pas un diamètre sup rieur à 0,55 *m* et 0,60 *m*.

Aux différentes allures, on aurait les résultats suivants :

Vitesse de rotation de l'essieu pour une roue de 1 *m* de diamètre.	Vitesse périphérique de l'induit de diamètre = 60 0/0 celui de la roue.	Vitesse à la jante de la roue.
—	—	—
500 tours par minute	14,20 *m* à la seconde	94 *km* à l'heu
600 —	17 —	113 —
700 —	19,80 —	132 —
800 —	22,60 —	150 —

Avec quatre moteurs de ce genre, l'effort de traction dévelop en marche normale pourrait atteindre 1 400 *kg* et dépasser 2 500 aux démarrages.

pposons la résistance par tonne de trains aux différentes ses représentée par la formule

$$F = 1,5 + 0,02V + 0,0004V2.$$

ffort de traction par tonne aux différentes vitesses aurait les ırs suivantes :

se à l'heure	40 *km*.	Résistance en palier	3	*kg*	par tonne.
—	60	—	4,2		—
—	80	—	5,6		—
—	100	—	7,5		—
—	120	—	10		—
—	140	—	12,5		—

: suite, quatre moteurs à couplage direct du poids et de l'imnce que nous avons indiquée pourront traîner, à la vitesse i0 *km* à l'heure, un poids de train de 100 *t* en outre de leur ı propre, c'est-à-dire dix fois leur poids et à la vitesse de 120 *km* ;ure ils pourront remorquer, en outre de leur poids propre, de train, soit treize fois leur poids.

pourront maintenir à peu près la même vitesse et avec les ıes charges sur des rampes de 5 à 6 *mm*, longues même de ı 30 *km*. Enfin ils pourront démarrer avec un effort de 20 à *g* par tonne de train, ce qui est suffisant pour assurer des arrages rapides, car cet effort de 20 à 25 *kg* par tonne peut soutenu pendant toute la durée du démarrage et il leur per.rait, en 1 000 *m* d'espace et 1 1/2 minute de temps d'atteindre tesse de 70 *km* à l'heure. Les vitesses de 120 à 140 *km* seraient intes en 8 à 10 minutes.

ɜs vitesses n'ont rien d'incompatible avec les conditions d'étasement des voies actuelles, puisqu'elles ont été fréquemment intes par les locomotives à vapeur à la descente des pentes lans des cas spéciaux sans qu'il en résultât aucun inconvént.

lais l'emploi de l'électricité permettrait de rapprocher beauıp la vitesse commerciale, seule à considérer en définitive, ces vitesses limites, en supprimant les ralentissements sur les npes, en augmentant la vitesse en palier et en accélérant les marrages.

On pourrait donc espérer obtenir des vitesses commerciales de 0 et 110 *km*, ce qui apporterait déjà une très sensible amélioıion au service actuel des express rapides.

Il y a lieu d'ajouter que le rendement des moteurs électri depuis la demi-charge jusqu'à la pleine charge et depuis le q de vitesse jusqu'à la pleine vitesse peut être maintenu supérie 0,90 et que, par suite de leur faible poids, le travail nécessai leur propulsion ne sera qu'une très petite fraction du tr total absorbé par le train, à peine 8 à 10 0/0.

Il suffit de comparer ces chiffres avec ceux que nous avons signalés dans le cas d'emploi de locomotives à vapeur, chi qui se rapportent cependant à des vitesses bien moindres apprécier tout l'avantage des moteurs électriques aux gra vitesses.

§ **61.** — Si maintenant, au lieu d'accoupler directemen moteurs aux essieux, nous transmettions la force par un syst d'engrenages réduisant la vitesse dans le rapport de 3 à 1 mêmes moteurs dont il a été question ci-dessus pourraient re quer un train de 500 *t* (soit 60 fois leur poids), sur une ram 5 *mm* à une vitesse de 40 à 45 *km* à l'heure, ils pourront le dém avec un effort de traction de 15 *kg* par tonne qui pourra maintenu pendant toute la durée du démarrage. Le poids c locomotive pourra être réduit au strict minimum nécessité les conditions d'adhérence soit à environ 35 *t*, de telle sorte cette locomotive n'absorberait pour sa propulsion que 7 0/ travail total absorbé par le train.

Enfin le rendement du moteur à engrenages pourra être n tenu supérieur à 85 0/0 depuis la demi-charge jusqu'à 50 de surcharge et depuis le quart de vitesse jusqu'à la pleine vit

Système de réglage de la vitesse.

§ **62.** — Le mode de réglage de la vitesse peut varier ave système d'enroulement du moteur.

Nous avons vu que la presque totalité des moteurs empl jusqu'à ce jour pour la traction étaient des moteurs excité série et, à notre avis, ce système serait aussi le plus avanta pour la traction des chemins de fer, quoiqu'il se prête moins que les autres systèmes d'enroulement à l'obtention d'une vi constante.

En effet l'excitation en dérivation, avec de hautes tension la ligne donnerait lieu à des difficultés toutes spéciales pour roulement des inducteurs et exigerait la permanence d'un contact avec la ligne de prise de courant.

Une partie de ces difficultés pourrait être tournée, par exemple en disposant les enroulements inducteurs de tous les moteurs d'une locomotive, en série sur une seule et même dérivation de telle sorte que l'enroulement de chaque moteur proprement dit ne correspondrait qu'à une différence de potentiel deux ou quatre fois moindre.

Mais les inconvénients que pourrait amener la rupture brusque du courant sur ce circuit présentant une très grande self-induction subsistent en entier, sans être compensés par des avantages décisifs ; et d'autre part, l'élasticité des moteurs serait moins grande.

Quant à l'excitation indépendante réalisée, soit au moyen d'un petit transformateur spécial, soit au moyen d'une batterie d'accumulateurs elle conduit à une complication et à une augmentation de poids mort à éviter dans la plupart des cas. Un pareil système d'excitation permettrait de rendre les moteurs à peu près autorégulateurs de vitesse et aptes à former freins électriques sur les descentes et aux arrêts. Mais sur les grandes lignes de chemins de fer, les pentes donnant une composante de la pesanteur supérieure à la résistance au roulement à grande vitesse sont rares et les arrêts sont peu fréquents.

Enfin les variations de vitesse des moteurs séries peuvent être fort bien limitées par des dispositifs très simples.

Quant au système de régulation de ces moteurs, le plus pratique, à nos yeux, est celui, universellement employé, qui consiste à modifier le groupement de ces moteurs en les mettant deux par deux ou quatre par quatre en série ou en parallèle. Ce système permet aisément de très grandes variations de vitesse, sans apporter aucun trouble au fonctionnement normal des moteurs et sans produire d'abaissement considérable de leur rendement.

Tous les systèmes, au contraire, ayant seulement pour base une action sur le champ magnétique des moteurs ont un grand inconvénient car, pour augmenter la vitesse, ils obligent à affaiblir ce champ et, par suite, à égale intensité de courant, le couple développé par l'action de ce champ sur l'induit. Il en résulte qu'à pleine vitesse le moteur ne donnerait pas la puissance totale dont il serait susceptible mais une puissance bien inférieure.

D'ailleurs comme on ne peut augmenter indéfiniment l'intensité du champ, ce système ne permet pas une très grande variation de la vitesse et pour agir plus efficacement, il faut absolument recourir à l'emploi de rhéostats sur le circuit principal.

L'emploi des contrôleurs série-parallèle permettant de modifi le couplage des moteurs a parfois été critiqué parce qu'on supp sait qu'ils ne pouvaient se prêter, sans une détérioration rapid à la manœuvre de moteurs puissants donnant lieu à de gr débits.

Mais l'expérience a déjà largement répondu à ces critiques e ces contrôleurs dont l'emploi sur les voitures légères de trar ways et de chemins de fer interurbains avait donné des résulta parfaits, ont été appliqués avec autant de bonheur à des moteu très puissants quand ils ont été convenablement étudiés et ca culés.

Ainsi les appareils appliqués aux locomotives de Baltimore o permis de manœuvrer des courants de 2 000 à 2 500 ampères sa aucune difficulté.

Ceux employés sur le Métropolitain de Chicago depuis près d'ı an déjà n'ont jamais donné lieu au plus léger sujet de plair quoiqu'ils opèrent sur des courants de 500 à 1 000 ampères qu'ils soient soumis au service le plus dur par suite de démarrag et arrêts fréquents qui en exigent l'usage presque continuel.

Quant aux moteurs qui n'utilisent pas pour leur fonctionn ment des courants continus, les systèmes de régulation à er ployer sont naturellement bien différents, de même que leu conditions de marche et nous reviendrons plus loin à leur suj

§ 63. — D'après ce qui précède, nous voyons qu'en ce qui co cerne la locomotive électrique proprement dite, l'industrie a tuelle possède tous les éléments qui lui sont nécessaires po entreprendre la fabrication d'un matériel apte à effectuer sur l grands voies ferrées tel service à telles vitesses et avec tell puissances qui seront jugées nécessaires.

Prise de courant.

§ 64. — La manière dont l'énergie électrique devra être tran mise aux moteurs électriques est un des sujets d'études les pl délicats qui puissent s'offrir tant les conditions à remplir sont com plexes et paraissent s'exclure l'une l'autre.

Il faut, en effet, que les conducteurs soient disposés de manièr

1° A permettre un espacement raisonnable des points d'alime tation ;

2° A transporter de grandes quantités d'énergie avec de faibles pertes;

3° A offrir le maximum de sécurité;

4° A permettre le fonctionnement des aiguillages, changements de voie, croisements, etc., et de toutes les manœuvres pouvant être nécessitées par une exploitation de chemins de fer;

5° A ne pas nécessiter de grandes dépenses d'installation.

Deux seules manières se présentent à l'esprit pour résoudre ce problème :

L'emploi de conducteurs aériens;

L'emploi de conducteurs rapprochés du niveau du sol.

Avec l'emploi de conducteurs aériens on est à peu près fatalement ramené au fil de trolley déjà si usité, car ces conducteurs doivent être légers afin de ne pas trop compliquer la disposition de leurs supports et souples afin de permettre l'espacement aussi grands que possible de ces supports.

Bien entendu il faudrait adopter pour ces lignes de trolley des dispositions spéciales et dont celles employées à Nantasket Beach, peuvent donner une idée; toutefois leur section ne peut être augmentée par trop à cause des difficultés qui en résulteraient pour leur enroulement et pour leur pose et il ne paraît pas pratique de chercher à dépasser ce qui a été fait à Nantasket, c'est-à-dire d'employer des sections de fil de plus de 160 à 170 *mm*.

D'ailleurs, si besoin en était, il serait facile d'arriver à la section totale de cuivre nécessaire, en adjoignant à la ligne des feeders en nombre et de dimensions convenables.

Les deux bases qui devront guider pour la détermination de la ligne seront :

1° La puissance absorbée par les trains appelés à circuler sur la ligne;

2° La tension choisie.

L'exploitation électrique d'une ligne de chemin de fer différera profondément de celle d'une ligne de tramways. Dans ce dernier cas les points d'utilisation des courants, c'est-à-dire les voitures, sont très rapprochés les uns des autres; ils sont très nombreux par rapport aux centres d'alimentation de telle sorte que le débit de ces derniers est continu et que le type de voitures appelé à circuler sur la ligne intervient peu dans l'étude de cette dernière qui se détermine seulement d'après la puissance totale qu'elle doit transmettre.

Au contraire dans le cas des chemins de fer, les points d'uti sation seront très espacés ; ils le seront même parfois plus qu les points d'alimentation de telle sorte que l'importance des co ducteurs et celle des stations d'alimentation se détermine pre que entièrement d'après la puissance maxima des trains qui sero normalement appelés à circuler sur la ligne et comme l'install tion de ces conducteurs et de ces stations entrerait pour une tr forte proportion dans les dépenses de transformation électriqu d'une ligne, on voit toute l'importance que prend la question d choix de la puissance des trains pour laquelle la ligne sera ca culée.

§ 65. — Comme exemple, dans ce qui va suivre, nous adme trons que cette puissance moyenne des trains circulant sur la lign est fixée à 500 *ch*, ce qui nous mettra dans des conditions d'ex ploitation au moins aussi larges que les conditions actuelles.

Il va sans dire, d'ailleurs, que cette puissance n'a rien d'abso lument limité et que des trains plus puissants ou plus légers pou ront également circuler sur cette ligne : la chute de potenti seule variera en plus ou en moins.

Cette puissance ne sera pas non plus la même pour toutes le parties du réseau ; certaines pourront recevoir des trains plu lourds. Mais la plupart des autres seront moins chargées.

La puissance de 500 *ch* à développer par les moteurs électrique correspond à une consommation d'environ 400 kilowatts.

A la tension de 500 volts ceci représenterait un courant d 800 ampères.

Mais y a-t-il des raisons irrémissibles pour s'arrêter à cett tension ? Le problème de la traction électrique des chemins d fer est un cas particulier de la transmission électrique de la force et, si l'on réfléchit que toutes choses égales d'ailleurs, c'est-à-dir à pertes et puissances transmises égales, le poids de cuivre à dé penser varie en raison inverse du carré de la tension choisie, o se rend compte, de suite, de l'immense avantage qu'il y a à au menter cette tension.

Enfin il y a lieu d'ajouter que, plus la tension est élevée plus courant est faible pour la même puissance, de telle sorte que l hautes tensions diminueraient considérablement les difficult qu'on éprouve aux grandes puissances pour établir convenabl ment les prises de courant entre le train et les conducteurs éle triques.

Les tensions de 5 à 600 volts suffisent parfaitement pour la traction des tramways à l'intérieur des villes, à des distances relativement courtes et pour des puissances relativement faibles. C'est pourquoi elle a été presque universellement employée, et dans beaucoup de cas où le choix d'une tension supérieure aurait donné des résultats favorables on a été arrêté par le désir de se raccorder avec des installations déjà existantes et d'unifier le choix des voltages.

Il est bon, d'ailleurs, de remarquer qu'il y a eu, depuis les origines de la traction électrique, une tendance continuelle à augmenter cette tension ; elle a été d'abord de 2 à 300 volts, puis de 500, puis de 550 à 600 et dans les dernières installations faites à Baltimore et à Nantasket, elle a été portée à 700 volts.

Cette tension de 700 volts permettrait déjà de réaliser une économie de cuivre très considérable ; mais devrait-on s'y arrêter et qu'est-ce qui empêcherait d'aller à 1 000, 2 000 ou 3 000 volts ?

§ **66.** — Une première objection peut être aussitôt soulevée contre la haute tension pour des motifs de sécurité. Mais nous ne devons pas oublier qu'une ligne de chemins de fer possédant sa propre voie spéciale sur laquelle le public n'est pas admis à circuler, se trouve dans de toutes autres conditions que les rues d'une ville et les précautions qui seraient justifiées dans ce second cas ne trouvent guère leur place dans le premier.

D'ailleurs ces lignes seraient tendues à une telle hauteur au-dessus des rails qu'il serait complètement impossible d'y accéder et elles se trouveraient, sous le rapport de la sécurité, dans des conditions plus favorables que les lignes de transport de force qui traversent les campagnes à des tensions égales et même parfois beaucoup plus élevées que celles que nous venons de citer.

D'autre part la rupture de fils d'une pareille section est difficilement réalisable d'une manière accidentelle : les poteaux noyés dans une fondation en béton redoutent peu de chances de chute.

Enfin il est facile de disposer la canalisation de manière que dans le cas où par extraordinaire se produirait la rupture d'un fil et sa chute au contact du sol, le courant soit automatiquement et immédiatement coupé dans la section corrrespondante.

C'est ce qui se fait dans les installations de tramways. Des expériences nombreuses ont démontré l'efficacité de l'action des coupe-circuits automatiques employés dans ce but et il n'est pas sans intérêt de remarquer que plus la tension est élevée, mieux le

fonctionnement de l'interrupteur automatique est assuré puisque le courant de court circuit tendra à avoir une intensité d'autant plus élevée que cette tension est plus grande.

Quant à l'entrée du courant dans les voitures, elle se ferait complètement hors de la portée des voyageurs et les appareils de manœuvre ne seraient qu'à celle des hommes spéciaux chargés de la conduite du train.

Nous ferons remarquer que les distributions de courant à haute tension sont maintenant très communes à l'intérieur des villes où bien souvent des transformateurs à 2 000 et 2 500 volts sont installées chez des abonnés sans qu'il en soit jamais résulté d'inconvénients.

Il ne faut donc pas s'exagérer le danger offert par les hautes tensions et les objections basées sur ce motif ont beaucoup moins de solidité qu'on pourrait le croire au premier abord.

On peut aussi objecter les difficultés d'isolement de la ligne aux tensions élevées. Mais les isolants actuellement employés permettraient aisément de dépasser les voltages en usage. Les lignes peuvent être établies avec double et même triple isolement afin de réduire au minimum les pertes à la terre.

Nous ferons d'ailleurs remarquer que plusieurs installations de tramways ont été faites avec une distribution à trois fils donnant des différences de potentiel de 1 000 à 1 200 volts entre les branches extrêmes et qu'il n'en est résulté aucun inconvénient grave du fait de l'isolement, ni au point de vue de la sécurité.

On pourrait donc, sans aucun aléa de ce chef, adopter les mêmes voltages pour la traction des chemins de fer.

§ **67**. — On peut enfin objecter la difficulté de faire des dynamos et des moteurs fonctionnant bien avec des courants continus à très haute tension. Quant aux dynamos, l'augmentation de la tension (dans des limites raisonnables naturellement) loin d'être une difficulté, serait plutôt un avantage pour les unités de très grande puissance qui seraient nécessitées par la traction électrique des chemins de fer. Quant aux moteurs, elle n'amènerait vraiment quelques inconvénients que si on voulait atteindre des différences de potentiel très élevées ; jusqu'à 1 000 ou 1 200 volts les difficultés ne seraient pas bien grandes et cependant ces tensions de 1 000 à 1 200 volts nous permettraient de réduire au quart de la valeur nécessaire à 5 ou 600 volts, le poids de cuivre à dépenser sur la ligne.

Enfin il serait très facile, même avec des tensions de 1 000 à 1 200 volts, d'employer des moteurs enroulés pour 5 à 600 : il suffirait de les accoupler par deux en série, d'une manière permanente.

Pour donner une idée de l'avantage des hautes tensions pour la traction, supposons, comme exemple, la ligne aérienne constituée pour chaque voie avec deux fils de trolley de 170,2 *mm* et la voie elle-même formée par deux rails de 42 à 44 *kg* le mètre courant reliés entre eux par des connexions électriques.

La résistance cumulée pour l'aller et le retour d'un kilomètre de ligne pareille serait de : 0,066 ohm, dont 0,047 pour la ligne ancienne et 0,019 pour le retour.

Si nous désignons par :

E la tension choisie ;
W la puissance à fournir aux trains circulant sur la ligne ;
L la distance entre deux points d'alimentation ;
e la chute de tension maximum sur la ligne.

Nous aurons : $$e = \frac{LW}{4\,E} \times 0{,}066.$$

Quant à la perte moyenne sur la ligne elle sera égale à $\frac{2}{3}e$, c'est-à-dire $$e' = 0{,}011\,\frac{LW}{E}.$$

Plus la perte consentie $\frac{e'}{E}$ sera considérable et plus on pourra réduire le poids de cuivre, toutes choses égales d'ailleurs : mais plus les frais de traction seront élevés. Il y aura donc à faire dans chaque cas une comparaison entre les frais d'intérêt et d'amortissement d'une part et la dépense supplémentaire d'énergie d'autre part. Plus la fréquence sera élevée sur la ligne et plus on devra restreindre la perte e' ; au contraire pour de faibles fréquences on pourra admettre des valeurs de e' plus élevées, en évitant, cependant, qu'elles soient telles qu'il en résulte des variations trop sensibles dans la vitesse des trains.

Supposons $e' = 0{,}10\,E$.

Nous aurons alors la relation :

$$E^2 = 0{,}11 \quad \text{ou} \quad LW = \frac{E^2}{0{,}11}$$

relation qui montre très nettement la grande importance de la tension choisie.

Soit W = 400 000 watts.
Pour E = 600 volts on aurait L = 8 200 *m*.
— E = 1 000 — — L = 23 000 *m*.
— E = 1 200 — — L = 33 000 *m*.

Nous voyons d'après ces chiffres l'immense avantage qu'il y a à augmenter la tension, car un espacement de 8 à 10 000 *m* entre les points d'alimentation serait inadmissible et il faudrait pour l'augmenter, soit augmenter le poids de cuivre, soit consentir une perte plus considérable ce qui serait également désavantageux.

§ 68. — De ces calculs, résulte la possibilité, avec une perte minimum ne dépassant pas 10 0/0, d'espacer les stations d'alimentation de plus de 30 *km*, sans qu'on soit conduit à des dépenses de cuivre exagérées.

En réalité la perte moyenne sur la ligne sera moindre que 10 0/0, parce que l'on pourra relier les circuits électriques de deux voies, de manière à doubler la section de passage du courant alimentant un train engagé sur le tronçon correspondant; la chute de tension maximum ne se produirait que dans le cas où deux trains viendraient à se croiser juste au point le plus défavorable, ce qui, évidemment, ne se produira qu'à de rares intervalles.

Enfin la puissance supposée de 500 *ch* est considérable et très sensiblement supérieure à la moyenne des puissances développées au crochet d'attelage des trains actuels, tant de marchandises que de voyageurs.

Conducteurs au niveau du sol.

§ 69. — On peut aussi employer pour amener le courant des conducteurs placés à peu de distance du sol et supportés par des isolateurs fixés aux traverses de la voie. Ce système a même été employé assez anciennement déjà, particulièrement en Angleterre.

Nous pouvons citer entre autres applications :

La petite ligne de Portrush, en Irlande.
La ligne du Salève, en Suisse.
Le « Subway » de Londres.
Le chemin de fer élevé de Liverpool.

Ces conducteurs rigides peuvent être en fer ou en cuivre. Mais es premiers seront généralement plus économiques.

C'est ce système qui a été employé pour le Métropolitain de Chicago et nous avons dit que pour les lignes de la « West Siste » les isolateurs avaient été simplement constitués par des cubes en bois paraffiné.

Sur les nouvelles lignes métropolitaines installées électriquement à Chicago, on a préféré remplacer les cubes de bois par des isolateurs de composition analogue à ceux des lignes de trolley et dont la disposition est indiquée par les dessins annexés au présent mémoire.

On pourrait également avec avantage employer des isolateurs en porcelaine recouverts d'un chapeau en fonte sur lequel se ferait la fixation des rails conducteurs (1).

Récemment le système de prise de courant au niveau du sol vient de recevoir une nouvelle et importante application à l'extension de la ligne électrique de Nantasket.

Cette extension de 6 *km* a été équipée au moyen de conducteurs formés par des rails de 10 *m* de longueur pesant 47 *kg* le mètre courant, ayant la forme du A élargi et reposant sur des blocs de frêne paraffiné fixés aux traverses. Ces isolateurs sont espacés de 5 *m* et placés entre les deux rails de roulement. L'ensemble forme une très faible saillie de manière à faciliter la circulation du matériel roulant.

Aux croisements, aux passages à niveau, les conducteurs sont purement et simplement interrompus. Les voitures automotrices possédant deux sabots de prise de contact à l'avant et à l'arrière espacés d'environ 10 *m*, en ont presque toujours un en contact avec les rails, de sorte que le courant n'est pas rompu. Les interruptions qui ont plus de 10 *m* sont franchies par simple élan. Aux essais qui furent faits, les trains électriques franchirent sans difficultés ni inconvénients des interruptions de plus de 350 *m*.

A chaque interruption l'extrémité du rail est disposée pour permettre la remise en contact facile et automatique du sabot de prise de courant. Le poids de ce dernier est de 4 *kg* et suffit pour assurer un excellent contact.

L'isolement de la ligne de Nantasket s'est très bien maintenu, quoique le voltage de cette ligne soit élevé (700 volts) et on n'a éprouvé aucun inconvénient de ce chef.

1 Sur les lignes de la West Side Company de Chicago on commence à remplacer les isolateurs en bois paraffiné par d'autres en porcelaine.

Avec ce système de conducteurs il est bon, pour prévenir toutes chances d'accidents, de les protéger contre tout contact fortuit; pour cela on peut tout simplement employer deux planches de bois masquant complètement le rail conducteur de chaque côté et portées, soit par ce rail lui-même, soit par des supports fixés aux mêmes traverses. C'est ce qui a été fait sur les nouvelles lignes installées à Chicago.

Ces rails pourraient être placés, soit suivant l'axe des voies, soit extérieurement du côté de l'entre-voie ; quant aux aiguillages et aux croisements, ils peuvent être établis avec ce système de la manière la plus simple.

Enfin, dans les grandes gares et dans toutes les parties sur lesquelles peuvent se produire une circulation considérable de personnes, la ligne au niveau du sol pourrait être supprimée et ou tout au moins les tronçons de conducteurs correspondants pourraient être isolés du reste de la ligne et n'être mis en communication avec elle qu'au moment où ils sont recouverts par un train soit en mouvement soit, au contraire, à l'arrêt et se disposant à démarrer. Cette communication pourrait être établie automatiquement.

L'isolation d'un pareil système ne sera jamais aussi élevée qu celle d'une ligne aérienne, car les supports seront forcément plu rapprochés et plus nombreux et les surfaces de contact plus con sidérables. Aussi aura-t-on plus de difficultés dans ce cas, à abor der les tensions élevées, car si les pertes par les résistances élec triques décroissent en raison du carré de la tension, celles due au défaut d'isolation suivent exactement la même progression

Pour obtenir une bonne isolation, il faudra diminuer autant qu possible le nombre des supports et adopter un bon type d'isola teurs avec de fortes épaisseurs d'isolant, et disposés de manière à résister autant que possible à l'influence de la pluie et de l poussière.

Les isolateurs en bois paraffiné ont donné de très bons résultat au point de vue de l'isolement et ils sont d'une installation facil et peu coûteuse. Mais ils nécessitent un certain entretien. Il doivent être fréquemment repeints et surveillés d'assez près. Mal gré cela il est probable que leur durée ne dépassera pas quelque années et qu'ils devront ensuite être remplacés.

Les isolateurs en porcelaine donneront, en général, de meilleur résultats et permettront d'aborder sans trop de difficultés des ten sions relativement élevées. Leur inspection et leur entretien so

d'ailleurs faciles, surtout étant donnée la position qu'ils occuperont et peu coûteux.

Ce genre de ligne se prêterait principalement aux exploitations intenses donnant lieu à de forts débits de courants et à des passages de trains lourds exigeant une grande puissance, car la surface de prise de courant peut être très grande.

Il y a lieu de noter que les rails employés peuvent être de vieux rails, de qualité inférieure et de très faible valeur, et qu'une ligne établie avec des rails pesant 32 *kg* le mètre courant présenterait la même conductibilité que si elle était installée avec une section de cuivre de 340 *mm*.

§ 70. — Ci-après, nous donnons quelques renseignements sur les dépenses comparatives qui seraient nécessitées par différents types de lignes électriques. Nous devons faire remarquer en ce qui concerne les lignes aériennes que ces frais seront relativement moindres que pour les lignes ordinaires de tramways, parce que d'une part, les supports peuvent être beaucoup plus simples et, d'autre part, parce que le montage de lignes aériennes pour chemin de fer est infiniment moins coûteux que celui des lignes pour tramways où la circulatioin des rues gêne considérablement la marche des travaux.

Il va sans dire que ces chiffres sont des chiffres moyens et que, suivant les cas et les conditions d'établissement des lignes, ils peuvent éprouver de fortes modifications dans un sens ou dans l'autre.

1° *Ligne aérienne à simple voie sur poteaux consoles avec une section de cuivre de 340* mm^2.

	Dépenses par kilomètre.
Poteaux en bois avec consoles métalliques, y compris mise en place	1 700 *f*
Ligne de trolley sur consoles, montage compris	3 000
Feeders d'alimentation, y compris isolateurs et mise en place	3 800
Connexions électriques des rails	1 200
Imprévu et divers	300
TOTAL	10 000 *f*

Supplément pour poteaux métalliques. . . 1 500 à 2 500 *f*

2° *Ligne aérienne à double voie sur fils transversaux, avec 600 mm² de section de cuivre.*

	Dépenses par kilomètre.
Poteaux en bois, mis en place	2 800 f
Double ligne de trolley sur fils transversaux	6 000
Feeders d'alimentation et accessoires	5 800
Connexions électriques des rails	2 400
Imprévu et divers	500
TOTAL	17 500 f

Supplément pour poteaux métalliques . . 4 000 à 5 000 f

3° *Ligne à simple voie avec conducteurs au niveau du sol.*

	Dépenses par kilomètre.
Isolateurs, y compris mise en place	2 200 f
Rails conducteurs	3 500
Mise en place et connexions électriques des rails conducteurs	700
Bois et accessoires divers	800
Connexions électriques des rails de roulement	1 200
Poteaux en bois pour support de lignes aériennes	400
Feeders en cuivre de 200 mm² de section	3 500
Imprévu	400
TOTAL	13 500 f

4° *Ligne à double voie avec conducteurs au niveau du sol.*

	Dépenses par kilomètre.
Isolateurs, y compris mise en place	4 400 f
Rails conducteurs	7 000
Mise en place et connexions électriques desdits	1 500
Bois et accessoires divers	800
Connexions électriques des rails de roulement	2 500
Poteaux en bois pour support de lignes aériennes	400
Feeders en cuivre de 300 mm²	5 000
Imprévu et divers	600
TOTAL	23 000 f

On peut dire, en résumé, que l'équipement électrique du kilomètre de voie simple reviendra, en moyenne, de 10 à 15 000 *f*, et celui du kilomètre de voie double de 18 à 25 000 *f*.

Alimentation de la ligne.

§ 71. — Nous venons d'examiner les distances approximatives qui pourraient séparer les différents points d'alimentation. Il va sans dire que ces points d'alimentation devront être judicieusement répartis sur le réseau des voies ferrées, notamment aux croisements principaux des mailles de ce réseau de manière à ne pas desservir seulement une seule ligne, mais plusieurs, c'est-à-dire la plus grande étendue possible de voies ferrées.

La question vient maintenant d'examiner la manière dont devraient être constitués ces centres d'alimentation.

Devra-t-on établir en chacun de ces points une usine centrale ?

Si on en était absolument réduit à cette extrémité, cette obligation rendrait extrêmement difficile l'application de la traction électrique, car elle conduirait à une multiplication d'usines inadmissible, usines dont l'utilisation moyenne pourrait être très faible sur les tronçons à faible fréquence.

Mais il est très facile de s'affranchir de cette obligation et d'alimenter d'une seule station centrale, plusieurs centres d'alimentation grâce à des transports de force à haute tension.

Quand la fréquence des trains sur l'étendue de réseau alimenté par une sous-station sera telle qu'il y aura à tout moment de la journée plusieurs trains engagés dans cette section, de telle façon que le rapport de la dépense moyenne à la dépense maximum de courant ne soit pas trop faible, c'est-à-dire, quand on se rapprochera à peu près des conditions d'un réseau de tramways, et qu'en même temps cette consommation sera telle qu'elle convienne à une usine puissante, on pourra établir une station centrale en ce point d'alimentation. C'est ce qui se présenterait par exemple, pour le réseau de banlieue de la ville de Paris qui, à lui seul, justifierait l'installation de plusieurs usines indépendantes.

Mais, dans la majorité des cas, ceci n'aura pas lieu et il faudra, de préférence, alimenter plusieurs centres même très espacés à l'aide d'une seule station centrale.

Ce problème aurait pu paraître insoluble, il y a quelques années; mais avec les progrès immenses qu'ont fait les différents systèmes de transmission de force, il n'offre maintenant plus guère

de difficultés vraiment sérieuses et déjà un très grand nombre de transmissions à des distances qui paraissaient immenses il y a peu de temps sont venues les démontrer pratiquement d'une manière péremptoire. Il nous suffira de rappeler que des Ingénieurs de grande réputation envisagent, à l'heure actuelle, la possibilité de transporter dans des conditions pratiques et économiques la force du Niagara jusqu'à New-York à 700 *km*. Bien entendu nous n'allons pas jusque là et nos idées sont beaucoup plus modestes; il ne serait, d'ailleurs, pas nécessaire d'aller à de telles distances : il suffirait de pouvoir économiquement transporter le courant à des distances de 70 à 80 *km* pour pouvoir aisément desservir avec une seule usine une surface de 200 km^2, et réduire à une très faible valeur le nombre des usines nécessaires à l'alimentation de tout un réseau.

La facilité de ce transport est uniquement une question de voltage, puisque, comme nous l'avons vu, pour une même perte et une même section de ligne la distance franchissable croît comme le carré de tension.

Or, à l'heure actuelle, les tensions adoptées couramment pour les courants alternatifs sont déjà très élevées et il ne serait pas nécessaire de chercher à les dépasser. Nous rappellerons seulement que le transport de force de Lauffen, à Francfort, il y a de cela trois ans déjà cependant, a été effectué avec une tension de 30 000 volts. Aux États-Unis, plusieurs transports de force ont été exécutés à des distances atteignant 60 *km*, avec des tensions de 10 000 à 15 000 volts.

Actuellement, on est en train d'exécuter entre Buffalo et Niagara pour l'utilisation des célèbres chutes, un transport de force à la tension de 22 000 volts et à Ogden, en Californie, un transport à une distance de 60 *km* et une tension de 20 000 volts.

Nous sommes donc parfaitement autorisés à envisager l'emploi de tensions de 20 à 25 000 volts; nous le répétons, d'ailleurs, on a construit actuellement sans difficulté des isolateurs et des transformateurs suffisamment bien établis pour supporter ces tensions en service courant, et maintenant ces chiffres sont parfaitement admis dans les études de transport de force à très grandes distances qui se présentent (1).

Bien des moyens peuvent être employés pour réaliser de pareils transports de force et leur étude détaillée nous mènerait

(1) On a même fait dans ces derniers temps des dynamos donnant directement jusqu'à 11 000 volts de tension de manière à supprimer les transformateurs de départ.

trop loin. Il nous suffira seulement de discuter ces systèmes qui paraissent à l'heure actuelle les plus pratiques et qui sont tous basés sur l'emploi de courants alternatifs polyphasés à haute tension.

Premier système.

§ 72. — Le premier de ces systèmes réside dans l'emploi de transformateurs statiques et de convertisseurs rotatifs de courants polyphasés en courants continus.

Les transformateurs statiques sont déjà bien connus et les applications d'éclairage par courants alternatifs en ont vulgarisé l'emploi. Toutefois, les transformateurs qui nécessiteraient ces transports de force seraient, par leurs dimensions, de tous autres appareils que ceux employés pour l'éclairage : ce seraient des appareils de 200 à 500 kilowatts isolés d'une manière toute spéciale et à rendements très élevés. Nous donnons ci-après la vue d'un transformateur de type de 200 kilowatts construit par la General Electric, dont le poids est de 4 000 *kg* et dont le rendement à pleine charge dépasse 97 0/0 (1). Ce rendement se maintient également très élevé à charge réduite et, à circuit secondaire envers la puissance absorbée par l'appareil, ne dépasse pas 1,5 0/0 de la puissance fournie à pleine charge.

Ces appareils sont, soit à insufflation d'air, soit pour les très hautes tensions isolés par immersion dans l'huile. Leur échauffement à pleine charge est faible et ils peuvent supporter pendant des laps de temps considérables des surcharges de 50 0/0.

Les dynamos de l'usine centrale pourraient être établies à des tensions modérées et débiteraient un courant qui serait porté à 20 ou 25 000 volts au moyen de ces transformateurs et serait transporté à cette haute tension jusqu'à la sous-station d'alimentation. Celle-ci comprendrait une batterie de transformateurs statiques réciproques des premiers qui ramènerait la tension de 20 à 25 000 volts aux valeurs correspondantes à celles choisies pour l'utilisation sur la ligne et une série de convertisseurs rotatifs de courants polyphasés en courants continus.

Ces dernières machines ne sont autres que des dynamos à courants continus spéciales établies de manière à pouvoir servir à la fois de moteurs synchrones à courants polyphasés et de dynamos à courants continus.

(1) Des essais sur un transformateur de 500 kilowatts ont récemment constaté un rendement à pleine charge de 98 0/0 avec une fréquence de 30 cycles.

Elles sont multipolaires et leur nombre de pôles est tel qu'ell puissent, à leur vitesse de rotation normale, fournir des couran de la fréquence de ceux qui leur seront transmis sur la ligne haute tension. Cette fréquence tout en étant suffisamment élev pour amener le bon fonctionnement des transformateurs dev être assez basse pour faciliter la construction des dynamos et d minuer l'impédance des lignes; les chiffres les plus convenabl seront de 20 à 30 cycles par seconde.

Mais donnons ci-après un exemple de l'enroulement de c convertisseurs l'un à courants biphasés, l'autre à courants tr phasés et une vue de ces appareils.

Comme on le voit, ils sont munis de deux collecteurs, un co lecteur ordinaire de dynamos à courants continus avec prise d courants par balais habituels et un deuxième collecteur à quatr trois ou six bagues suivant que les courants d'alimentation so biphasés, triphasés ou hexaphasés.

Ces appareils démarrent tout seuls comme les moteurs asy chrones, grâce à la réaction du champ tournant produit par l courants polyphasés envoyés dans l'induit sur les pièces molair et le fil en cuivre des inducteurs.

Une fois la vitesse de synchronisme à peu près atteinte, c peut fermer le circuit d'excitation. L'appareil se comporte alo comme un moteur synchrone; il prend exactement la vitesse c synchronisme correspondant à la fréquence des courants envoyé

Si, d'autre part, on considère la rotation de l'induit dans champ magnétique créé par les inducteurs, on voit qu'el aura pour effet de maintenir une différence de potentiel con tante aux balais du premier collecteur; en fermant dans le ci cuit correspondant on pourra y recueillir un courant continu.

On peut facilement se rendre compte de la relation qu'il aura entre la tension du courant continu produit et la forc contre-électromotrice moyenne inscrite dans les circuits à cou rants alternatifs, si les forces électromotrices induites et celle de la ligne sont sinussoïdales.

Dans le cas de convertisseurs à courants biphasés, ce rappo sera égal à $\sqrt{2} = 1,414$.

Dans le cas de convertisseurs à courants triphasés ce rappo sera égal à $\frac{2}{\sqrt{3}} = 1,63$.

En réalité, ces rapports dépendent de la disposition des app reils et notamment de l'étendue des pièces polaires. Ils peuve

être modifiés au moyen d'enroulements spéciaux. La tension du courant continu peut être réglée de la même façon que pour une machine dynamo à courants continus ordinaires; il suffit d'agir sur l'excitation du convertisseur. Ce réglage peut également être obtenu automatiquement par un compoundage convenable.

Le rendement de ce genre d'appareils est très élevé; les pertes se réduisent principalement à la dépense d'excitation, aux pertes par hystérésis et aux frottements de paliers. Quant aux pertes dans l'induit, elles sont très faibles car si on suit la marche des courants dans l'enroulement, on voit que ceux débités par le collecteur à courant continu et ceux fournis par les bagues collectrices se neutralisent en grande partie; en d'autres termes que la plus grande partie du courant passe presque directement de ces bagues collectives aux balais du premier collecteur en traversant une très faible fraction de l'induit. Cet effet, déjà très marqué avec les courants triphasés l'est encore davantage à mesure qu'on augmente le nombre de points d'entrée du courant polyphasé, c'est-à-dire le nombre des phases. Cette disposition peut d'ailleurs s'obtenir avec des courants triphasés ordinaires par une simple modification dans la disposition des transformateurs statiques, permettant de recueillir au secondaire des courants hexaphasés au lieu des courants triphasés ayant servi au transport sur la ligne à haute tension. Grâce à cette particularité, ces appareils peuvent transformer des courants beaucoup plus considérables que ceux qu'ils pourraient supporter en fonctionnant soit comme moteurs, soit comme générateurs et leur rendement est aussi sensiblement plus élevé.

Afin de donner une idée des rendements qu'il est possible d'obtenir de ces appareils, nous citerons ce fait que la General Electric a garanti à la Pittsburg Reduction Company pour le rendement d'un ensemble composé de deux transformateurs statiques de 200 kilowatts et d'un convertisseur rotatif de 400 kilowatts, le chiffre global de 94,5 0/0 et que cette garantie a été tenue; par suite, la perte dans le convertiseeur proprement dit ne dépassait guère 3 0/0.

On voit donc qu'il sera possible de combiner, d'après ce système, des sous-stations dont le rendement à pleine charge atteindra 94 à 95 0/0 et dont la consommation à vide ne dépassera pas 3 0/0 de la puissance à pleine charge, ce qui assurera un excellent rendement à toutes les charges depuis le quart de charge jusqu'à 50 0/0 de surcharge.

Deuxième système.

§ 73. — La transformation des courants triphasés haute tension, à courants continus basse tension peut également s'obtenir par d'autres procédés; nous citerons particulièrement les très ingénieux dispositifs imaginés par MM. Hutin et Leblanc et qui permettent la solution des deux problèmes inverses l'un de l'autre:

1° Transformation de courants continus basse tension en courants polyphasés haute tension;

2° Transformation de courants polyphasés haute tension en courants continus basse tension.

La transformation de courants continus basse tension en courants polyphasés haute tension s'obtient au moyen de transformateurs statiques ordinaires dont l'enroulement secondaire possède la disposition habituelle, mais dont l'enroulement primaire est composé de bobines dont le nombre de tours est variable avec le temps de telle sorte qu'en y lançant un courant continu, on y crée un flux alternatif induisant dans le secondaire des courants alternatifs identiques à ceux qui seraient obtenus si l'enroulement primaire possédait la disposition habituelle, c'est-à-dire un nombre de tours fixes, mais était parcouru par un courant alternatif venant avec le temps, suivant la même loi que le nombre de tours des bobines primaires du transformateur Hutin et Leblanc.

La transformation des courants polyphasés haute tension en courants continus basse tension s'obtient à l'aide du même appareil, mais par une méthode inverse.

Le circuit primaire est alimenté par les courants triphasés à hautes tensions. Le circuit secondaire est composé de bobines possédant un nombre de tours variables suivant la loi sinussoïdale, c'est-à-dire la même loi que le flux alternatif créé par le courant primaire, mais réunies en série de telle sorte que la somme de forces électromotrices induites soit constante.

Les connexions sont établies au moyen d'un collecteur dont les différentes touches sont reliées aux différentes bobines à peu près comme les touches d'un collecteur Gramme sont reliées aux différentes bobines de l'enroulement induit dont les forces électromotrices alternatives individuelles sont également associées en série, suivant une loi qui en rend la somme constante.

Le mouvement est donné au collecteur par un petit moteur

synchrone destiné spécialement à cet usage et dont l'importance est évidemment bien moindre que celle des convertisseurs rotatifs dont nous venons de décrire le fonctionnement et qui servent au même usage. Toutefois, le collecteur devra avoir les mêmes dimensions, car il est destiné à débiter les mêmes intensités de courant.

Le rendement des appareils Hutin et Leblanc ne diffère de celui des bons transformateurs de même puissance que par la force motrice nécessaire à faire tourner le petit moteur synchrone et dans les grandes installations, cette force ne dépasserait guère 1 0/0 de la puissance débitée par l'appareil. Le rendement pourrait donc aisément dépasser 96 0/0 en pleine charge et la puissance absorbée à vide ne dépasserait guère 2 0/0 de celle débitée à pleine charge, ce qui assurerait un excellent rendement à tous les régimes.

Les transformateurs Hutin et Leblanc ne possédant d'autres organes mécaniques en mouvement que ceux du petit moteur et de son collecteur, ne nécessitent guère plus de surveillance et d'entretien que des transformateurs ordinaires et peuvent n'occuper que très peu de place. Les petits moteurs collecteurs peuvent d'ailleurs être séparés et établis à une certaine distance, chacun de ces petits moteurs pouvant desservir toute une batterie de transformateurs statiques.

Nous devons ajouter, toutefois, que ces dispositifs n'ont encore été appliqués que sur une petite échelle et que les dernières expériences faites sur des appareils plus puissants n'ont pas complètement répondu à toutes les espérances des inventeurs. Il y a, toutefois, lieu de penser que les difficultés rencontrées ne resteront pas toujours insurmontables, et c'est ce qui nous a portés à en dire quelques mots.

Troisième système : Par moteurs d'induction.

§ 74. — On peut aussi se proposer de supprimer tout appareil mécanique dans les sous-stations et se contenter de les constituer au moyen de batteries de transformateurs statiques.

Dans ce cas, la ligne de prise de courant serait une ligne à courants triphasés et il faudrait, soit effectuer la transformation de courants triphasés en courants continus sur chaque train, soit utiliser directement, pour la traction, ces courants biphasés, à l'aide de moteurs d'induction.

La première solution sera généralement peu avantageuse, ca
elle compliquera considérablement la constitution des locomo
tives ou voitures automobiles électriques et en augmentera beau
coup le poids mort pour une puissance donnée. A moins de con
ditions spéciales, elle ne serait donc pas à envisager.

La deuxième solution, par contre, est bien certainement un
des plus intéressantes et bien qu'elle n'ait encore reçu qu'un
seule application pratique, il n'y a aucun doute qu'elle ne posséd
un très grand avenir; aussi est-elle étudiée activement par toute
les grandes sociétés d'électricité.

Pour se rendre compte du parti qu'il sera possible de tirer d
cette solution et des difficultés particulières qu'elle présente
nous sommes obligés de dire quelquès mots des moteurs d'induc
tion, ou à un champ tournant.

L'étude exacte des conditions de fonctionnement de ces moteu
est très complexe et ne trouverait pas ici sa place ; toutefois, o
peut en dégager les principes essentiels, sans entrer dans leu
détails.

Les moteurs à champ tournant comprennent deux parties con
centriques : le primaire qui porte les enroulements inducteu
et le secondaire qui est mobile autour du même axe et qui por
les enroulements induits formant un circuit fermé.

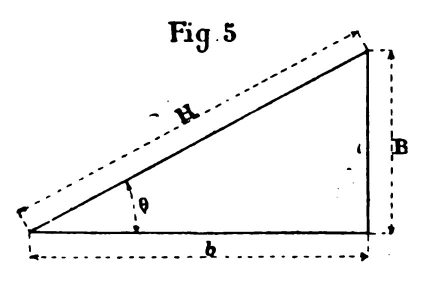
Le primaire est alimenté au moyen de courants polyphas
produisant un champ magnétique d'une grandeur constant
mais dont la direction tourne avec une vitesse uniforme auto
de l'axe du moteur, cette vitesse angulaire dépendant du nomb
de pôles de cet enroulement et de la fréquence des couran
d'alimentation : d'où le nom de moteurs à champ tournant.

Si le secondaire tourne autour de l'axe avec la même vites
angulaire que le champ déterminé par le primaire, il ne se pr
duit aucun phénomène d'induction ni aucune force électro-ma
gnétique entre les deux circuits, puisqu'il n'y a pas de déplac
ments relatifs du circuit secondaire par rapport aux lignes d
force créées par le primaire.

Mais si le secondaire tourne avec une vitesse un peu moindr
il y a déplacement relatif et, par suite, induction de couran
d'autant plus intenses que la vitesse relative du flux de force e
plus grande, c'est-à-dire que le glissement du secondaire p
rapport au primaire a plus d'importance : il en résulte que l
forces électro-magnétiques qui se développent entre le primaire
le secondaire et qui sont proportionnelles à ces courants indui

suivent la même progression ; en résumé, il se crée un couple moteur produisant l'entraînement du secondaire en équilibrant les forces qui s'opposent au mouvement de ce dernier, couple d'autant plus énergique que la différence entre la vitesse réelle et la vitesse de synchronisme est plus considérable et approximativement proportionnelle à cette différence, du moins dans une certaine limite. A cet égard, ces moteurs présentent, dans cette période de leur fonctionnement, une certaine analogie avec les moteurs shunt à courants continus et possèdent la même tendance au synchronisme que ces derniers.

Mais cette analogie ne subsiste pas longtemps par suite de la réaction de l'enduit qui acquiert rapidement une grande importance. En effet, les courants induits dans le secondaire produisent également un champ magnétique tournant et ce n'est que la résultante des champs créés par le primaire et par le secondaire qui intervient. Or comme le flux magnétique produit par les courants secondaires est en concordance de phases avec ceux-ci, c'est-à-dire varie à chaque instant proportionnellement à ceux-ci et que, d'autre part, ces courants secondaires provenant de l'induction produite par le flux résultant sont décalés de 90° par rapport à celui-ci, on en déduit que le flux résultant fait avec le champ magnétique primaire un angle θ, tel que la tangente de cet angle a pour valeur le rapport du flux secondaire au flux résultant. Par suite on a les relations $\operatorname{tg} \theta = \frac{B}{b}$ et $b = H \cos \theta$ (*Voir fig. 5*).



En résumé, dans un moteur à champ tournant, le couple moteur est proportionnel au produit du courant en ampères-tours de l'armature par le nombre de lignes de force coupées par unité de temps.

Pour développer un couple donné, il y aura une chute de vitesse telle que les forces électromotrices induites dans le secondaire soient suffisantes pour y produire un courant assez fort pour donner à ce produit une valeur donnée.

Ce courant et la chute de vitesse correspondante dépendent, par suite, de la résistance de l'armature. Si celle-ci était nulle, le synchronisme serait parfait.

Si la résistance était infinie, la vitesse serait nulle; par suite, une armature à circuit ouvert ne tournera pas.

La chute de vitesse est, en général, peu considérable. Dans des moteurs bien établis, elle ne dépasse pas 2 0/0 à pleine charge.

Il y a lieu aussi de remarquer que, quand un moteur à champ tournant est au repos, il constitue un véritable transformateur dont le rapport de transformation est donné par le rapport du nombre de tours de spires des deux enroulements. Quand le secondaire est fixe, la fréquence des courants induits dans ce dernier est égale à celle des courants primaires et le voltage est maximum. Mais aussitôt qu'il se met en marche, cette fréquence et le voltage diminuent jusqu'à s'annuler quand le synchronisme est atteint.

Les moteurs d'induction présentent une autre particularité qui les différencie nettement des moteurs à courants continus : c'est que le couple moteur qu'ils sont susceptibles de développer à un voltage déterminé est limité et, par suite, ne croît pas constamment avec l'intensité des courants produits dans ses enroulements.

En effet, au fur et à mesure que les courants induits croissent (c'est-à-dire au fur et à mesure qu'augmente la valeur de B) tg θ s'accroît, b diminue et comme les forces électro-magnétiques sont proportionnelles au produit de B par l'intensité des courants induits, il arrive un moment où la diminution de B fait plus que compenser l'augmentation des courants induits et le couple moteur au lieu de continuer à augmenter diminue au delà d'une certaine mesure quand le glissement augmente.

Le couple moteur étant proportionnel à b B c'est-à-dire à $H^2 \sin \theta \cos \theta$ ceci aura lieu (si on suppose H constant) aussitôt que θ sera égal à 45°.

D'autre part, si l'on désigne par g le glissement et par R la résistance de l'induit, l'intensité des courants induits est proportionnelle au produit $\frac{b \times g}{R}$, ou en d'autres termes le glissement est proportionnel à l'expression $\frac{BR}{b}$ soit à R tg θ.

Il résulte de ceci plusieurs conséquences très importantes :

1° Plus l'enroulement induit est résistant et plus la valeur de θ est faible pour la même valeur de glissement;

2° Le fonctionnement du moteur n'est stable que pour les va-
›urs du glissement telles que θ soit inférieur à 45° puisque c'est
cette valeur que correspond le couple maximum;

3° Si la valeur de la résistance intérieure est suffisamment faible,
arrivera que, pour un glissement égal à la vitesse du synchro-
sme, c'est-à-dire quand le secondaire sera fixe, ce qui a lieu au
oment du démarrage, le moteur ne développera qu'un très
ible couple tout en absorbant des courants très intenses dans
primaire et dans le secondaire. Par suite le démarrage se fera
ès mal ou même ne se fera pas du tout.

Et comme d'autre part pour obtenir un bon rendement il faut
›duire autant que possible la résistance intérieure de l'induit,
n est placé entre les deux alternatives, soit d'établir un moteur
ossédant un bon rendement, mais démarrant très mal, soit un
ıoteur démarrant avec énergie, mais possédant en marche nor-
ıale un rendement sensiblement moindre.

Les effets des fuites magnétiques que nous avons négligés vien-
ıent encore accentuer ces résultats.

Les courbes ci-après figurées qui représentent les variations du
ouple moteur en fonction du glissement pour différentes valeurs
le la résistance intérieure donnent une idée très nette du phé-
ıomène.

Pour concilier ces différentes nécessités, on donne à l'enroule-
ment induit une très faible résistance, mais on les dispose de ma-
ıière à pouvoir y insérer un rhéostat de démarrage. Aussitôt le
démarrage produit et la vitesse de synchronisme à peu près
atteinte, on supprime le rhéostat en mettant l'induit en court
circuit.

Il faut enfin remarquer que si la vitesse de synchronisme est
dépassée, le sens des forces électromotrices induites est renversé.
Le moteur à champ tournant devient générateur et envoie de l'é-
ıergie sur la ligne en formant frein sur les essieux.

Les moteurs d'induction peuvent être construits pour être ali-
ıentés au moyen de courants triphasés, biphasés ou même mo-
ıophasés. Dans ce dernier cas, ils ne peuvent démarrer sponta-
ément.

On démontre, en effet, que les courants alternatifs monopha-
s produisent un flux qui est à chaque instant la résultante de
ux flux de même période, de même intensité, mais tournant
ec la même vitesse en sens inverse.

Quand le secondaire est au repos, l'action de ces deux flux nulle, mais aussitôt qu'il est lancé dans un sens ou dans l'au les vitesses relatives des deux flux changent, et l'action de des deux devient prédominante. Aussi le moteur une fois la peut supporter de fortes charges, et son fonctionnement se prochera d'autant plus de celui d'un moteur à courants poly sés que sa vitesse se rapprochera davantage du synchronism

Il en résulte qu'un moteur à champ tournant, après avoir marré sous l'action de courants polyphasés, peut parfaiten continuer à fonctionner en ne recevant que des courants al natifs simples; toutefois le glissement pour le même couple plus grand, le rendement et le couple moteur maximum se moindres.

La tendance des moteurs d'induction au synchronisme pas un inconvénient dans les applications ordinaires des mot électriques. Mais il n'en est pas de même pour la traction, et la r lation de ces moteurs, doit se faire par des moyens absolun différents de ceux employés pour les courants continus.

Plusieurs systèmes, la plupart très récents, ont été propo Nous nous contenterons d'en citer les principaux.

Méthode d'insertion de résistances.

Nous avons vu qu'en faisant varier la résistance du second on pouvait considérablement faire varier le glissement et, suite, la vitesse de ce secondaire pour une même valeur couple moteur. Pratiquement, on peut ainsi faire varier la vit depuis zéro, correspondant à une résistance infinie jusqu'à valeur très voisine du synchronisme pour une résistance nu On pourrait donc réaliser toutes les vitesses.

Cette méthode est cependant peu pratique, car elle prése les graves inconvénients suivants :

1° Elle conduit à des pertes d'énergie considérables, car le r dement étant toujours inférieur à $1 - g$, au fur et à mesure g augmente et se rapproche de l'unité, le rendement tend zéro. Les pertes d'énergie sont donc considérables dès qu'on carte des vitesses voisines du synchronisme, et sont inutilen dissipées en chaleur dans les résistances insérées.

2° Cette méthode conduit à ajouter un collecteur à bague secondaire et, quoique le fonctionnement de ce collecteur à ba soit beaucoup moins délicat que celui des moteurs à cour

continus, il n'en est pas moins regrettable d'être obligé d'y recourir et de se priver ainsi d'un des plus remarquables avantages des noteurs à courants polyphasés ;

3° Nous avons vu que le couple maximum était proportionnel à I^2, c'est-à-dire au carré de la force électromotrice aux bornes du rimaire ;

Or, sur une ligne de chemin de fer, la force électromotrice va-.era considérablement d'un point à l'autre, par suite des pertes ans la canalisation. Quand un train sera engagé sur une rampe écessitant une grande puissance, le courant dans la ligne sera onsidérable, et si la rampe en question est loin des points d'alimentation, il y aura une forte perte de charge et, par suite, une rande diminution du couple que les moteurs sont susceptibles de lévelopper, précisément au moment où ce couple aurait besoin l'être le plus énergique.

On sera donc obligé, pour assurer partout le service, d'adopter des moteurs très volumineux et d'une puissance disproportionnée avec la puissance qu'ils sont appelés à développer en moyenne.

4° Cette méthode de régulation amène à couper le courant principal chaque fois qu'on fait varier les résistances introduites. Il en résulte des étincelles aux touches du contrôleur d'autant plus destructives que l'on ne peut, comme dans le cas des moteurs à courants continus, en atténuer l'effet par le soufflage magnétique qui n'a aucune influence avec les courants alternatifs.

Méthode de connexion en tandem.

Pour remédier au second inconvénient, on a proposé d'accoupler deux moteurs en série de la manière suivante : la ligne envoie son courant dans le primaire du premier moteur; les courants induits dans le secondaire servent à alimenter le secondaire du second moteur, et le primaire de celui-ci est fermé sur des résistances variables. Le primaire étant fixe, on n'a plus besoin de bagues collectrices.

Toutefois, les autres inconvénients ne sont pas évités de cette façon. La construction est plus coûteuse. Le facteur de puissance et la puissance spéciale sont sensiblement moindres, quoique le rendement soit presque aussi bon. Les moteurs doivent donc être encore plus volumineux et plus pesants.

Méthode de connexion tandem-multiple.

Au lieu de disposer continuellement les deux moteurs en série, on peut modifier leurs connexions de manière à les mettre tantôt en série de la manière indiquée ci-dessus et tantôt en parallèle.

On a ainsi deux vitesses différentes de marche à bon rendement, et les pertes d'énergie aux démarrages sont moindres. Mais alors le contrôleur est compliqué et nécessite plusieurs touches.

Pour parer au troisième défaut, on peut aussi disposer le contrôleur de manière à modifier l'enroulement des inducteurs du montage en étoile au montage en triangle (avec les courants triphasés), ce qui revient à augmenter la force électromotrice dans le rapport de 1 à $\sqrt{3}$. On peut alors employer des moteurs beaucoup moins volumineux.

On peut arriver au même résultat en donnant aux enroulements primaires et secondaires des nombres de spires différents, par exemple, dans le rapport de 5 à 4, et renverser les connexions aux moments des démarrages en alimentant avec la ligne le secondaire au lieu du primaire. Tout se passe comme si l'on augmentait la force électromotrice dans le rapport des deux enroulements. Par suite, le couple moteur est augmenté dans le rapport du carré, c'est-à-dire, pour l'exemple cité, dans le rapport de $\frac{25}{16}$ ou de 1,56.

Toutes ces dispositions offrent l'inconvénient de compliquer considérablement le contrôleur, qui devient alors un appareil très volumineux.

Méthode de régulation par variation de la force électromotrice.

On a pensé à opérer la régulation des moteurs, simplement en faisant varier la force électromotrice aux bornes du primaire. On emploie pour cela un appareil très simple, consistant en un moteur à champ tournant à circuit secondaire fixe.

Le circuit primaire est en dérivation sur la ligne, le circuit secondaire est intercalé dans les circuits d'alimentation des moteurs. Suivant la position donnée au secondaire par rapport au primaire, les forces électromotrices induites s'ajoutent à celles de la ligne, s'annulent ou s'en retranchent.

Par exemple, si la ligne donne des courants à la tension de 1 000 volts, et que le régulateur soit disposé pour pouvoir dévelop-

per une tension maxima de 200 volts, on pourra faire varier la force électromotrice aux bornes des moteurs depuis 800 volts jusqu'à 1 200 volts, c'est-à-dire dans le rapport de 1 à 1,5, ce qui permet de faire varier le couple moteur maximum de plus du simple au double.

Ce régulateur constitue, il est vrai, un organe en plus des moteurs et absorbe, pour son fonctionnement, une certaine quantité d'énergie. Mais comme toutes ses parties ne sont pas appelées à entrer en mouvement relatif, on peut réduire l'entrefer entre le secondaire et le primaire jusqu'à la dernière limite, ce qui assure à l'appareil une puissance spécifique très supérieure à celle des moteurs et un rendement très élevé.

Aussi l'augmentation de poids qu'il entraîne et la perte d'énergie sont-elles très peu considérables.

Ce système très simple donne une très grande flexibilité de puissance. Il permet l'emploi de moteurs beaucoup plus légers, et de calculer les lignes de transmission pour la perte la plus économique, sans qu'il en résulte d'inconvénients dans le fonctionnement des moteurs.

Ceux-ci peuvent être disposés, soit avec une armature en court-circuit, sans collecteurs d'aucune sorte, la résistance de cette armature étant suffisante pour que le couple moteur soit maximum au démarrage, soit avec une armature à faible résistance munie d'un collecteur permettant l'insertion d'une résistance variable.

Dans le premier cas, le système est d'une simplicité idéale, mais le rendement est moins bon.

Dans le second cas, on est obligé d'avoir recours à des collecteurs. On peut toutefois éviter ceux-ci en disposant la résistance à l'intérieur du secondaire et en la mettant en court-circuit par un contact glissant actionné magnétiquement. Cette résistance n'est pas alors variable : elle a une valeur fixe convenable pour assurer un couple maximum aux démarrages.

Ce système n'a qu'un seul inconvénient : c'est de ne permettre qu'une seule vitesse de marche à grand rendement.

Il convient donc admirablement aux chemins de fer pour lesquels les arrêts et les ralentissements sont très peu fréquents.

Méthode de régulation par variation de la force électromotrice avec contrôleur tandem-multiple.

Ce système diffère du précédent en ce qu'il comporte l'adjonction d'un contrôleur permettant de modifier les connexions des moteurs, et de les mettre tantôt en série et tantôt en parallèle.

Il se prête, par suite, très bien aux démarrages et permet plusieurs vitesses de marche à grand rendement.

Mais il nécessite l'emploi de collecteurs aux moteurs et d'un contrôleur plus ou moins compliqué.

Il convient donc particulièrement aux lignes à arrêts fréquents et vitesses variables.

Ces deux systèmes permettent de résoudre tous les problèmes qui peuvent être soulevés par la traction des chemins de fer.

De cet exposé on peut déduire quelques prévisions sur les résultats que donneront les moteurs à courants biphasés pour la traction.

Ces moteurs sont à peu près autorégulateurs, c'est-à-dire qu'en marche normale leur vitesse se maintiendrait constante à peu de chose près quelles que soient les conditions du profil sur lequel ils sont appelés à circuler. Leur puissance de traction n'augmente pas constamment avec le courant, comme dans le cas des moteurs en série; au contraire, elle possède une limite bien déterminée au-dessous de laquelle devront toujours se maintenir en marche normale les efforts qu'on aura à leur demander. Les dispositifs que nous avons examinés ci-dessus permettent cependant toujours d'obtenir l'effort supplémentaire qui pourra être désirable pour assurer un départ rapide ou vaincre une surcharge cet effort pourra atteindre quatre ou cinq fois l'effort normal sans aucune difficulté. Ces moteurs sont débarrassés de collecteur, c'est-à-dire de la partie la plus délicate du moteur à courants continus, celle qui en forme certainement le côté le plus vulnérable et peuvent être facilement établis pour des tensions très élevées.

Par leur nature même ils se prêtent beaucoup mieux à une construction très solide et d'apparence tout à fait mécanique.

A puissances égales, ils peuvent rivaliser sous le rapport du poids avec les meilleurs types de moteurs à courants continus et il est probable qu'ils permettront même de réduire encore le poids par unité de puissance développée.

Enfin, ces moteurs bien étudiés et bien proportionnés permet-

tent d'obtenir des rendements au moins égaux à ceux des meilleurs moteurs à courants continus de même puissance et ce rendement conserve à peu près les mêmes valeurs pour des variations de charges même très considérables (1).

En un mot, ces moteurs ont tout ce qu'il faut pour s'appliquer admirablement à la traction et tout porte à croire qu'ils donneront, au point de vue de la consommation d'énergie, de l'entretien et des réparations, des résultats plus favorables que les meilleurs types de moteurs à courants continus.

Ils nous semblent donc avoir un très grand avenir pour la traction sur les voies ferrées.

A côté de leurs remarquables avantages, ces moteurs présentent quelques inconvénients que nous devons aussi signaler.

En premier lieu, ils donnent lieu, sur la ligne, à un décalage considérable de l'intensité du courant sur la force électromotrice, ce qui, à puissance transmise égale, oblige à augmenter l'intensité de courant et, par suite, la puissance des dynamos et la section des fils de ligne.

On pourrait remédier à cet inconvénient par l'emploi de condensateurs; mais la construction de ceux-ci n'est pas encore suffisamment entrée dans la pratique pour qu'on puisse en faire une application courante.

Enfin, comme on le sait, les courants alternatifs se transmettent moins facilement par les conducteurs que les courants continus; par suite de la self-induction de ces conducteurs, ils donnent lieu à une chute de tension plus considérable surtout au fur et à mesure que ces conducteurs sont plus massifs et que la fréquence des courants est plus grande.

Pour ces deux raisons, le poids de cuivre sur la ligne tendrait à augmenter; mais avec ce système le rendement des sous-stations serait notablement plus élevé. Les sous-stations pourraient, sans inconvénients, être considérablement rapprochées puisqu'elles ne comporteraient plus que des transformateurs statiques; l'avantage qui en résulterait au point de vue de l'alimentation de la ligne compenserait et au delà la moins bonne utilisation de ces conducteurs.

En outre, les courants alternatifs se prêtent beaucoup mieux à

(1) Des expériences faites sur des moteurs de 40 *ch* ont donné les résultats suivants :

Moteur avec induit à basse résistance : rendement à pleine charge. .	91 0/0
Moteur avec induit disposé pour donner son couple maximum au démarrage : rendement à pleine charge	86 0/0

l'emploi de moteurs à voltage élevé que les courants continus et ils permettraient d'augmenter la tension dans les lignes de prise de courant jusqu'à la limite qui permettraient les conditions d'isolation.

En second lieu, nous pouvons signaler les difficultés un peu plus grandes qu'amènerait l'emploi nécessaire d'une double ligne de prise de courant, notamment aux aiguillages et aux croisements où il deviendrait nécessaire de recourir à des dispositifs analogues à ceux qui ont été employés dans certaines installations à double ligne de trolley. Nous devons cependant faire remarquer qu'il sera toujours possible dans les endroits où cela sera jugé nécessaire de supprimer un des conducteurs, car les moteurs une fois lancés pourront sans inconvénients continuer à fonctionner quelque temps comme moteurs à courants monophasés.

La première application qui ait été faite des courants polyphasés à la traction est celle que vient d'effectuer la Société Brown et Boveri, à Lugano, sur une ligne de 3 *km* alimentée par des courants triphasés au moyen de postes de transformateurs fixes échelonnés empruntant leur énergie à une chute d'eau éloignée. Cette ligne a été ouverte à la circulation il y a peu de temps et les résultats qu'elle donnera seront des plus intéressants à recueillir, car elle ouvre problablement l'ère d'une période nouvelle pour la traction électrique à longue distance.

§ **75.** — Il s'agit maintenant de desservir les différents points d'alimentation au moyen des usines centrales placées à grande distance.

Nous ferons remarquer qu'une puissance de 500 kilowatts à 25 000 volts peut être transportée à une distance de 75 kilomètres et une perte de 5 0/0 par trois fils de 20 mm^2 seulement.

Ces chiffres donnent une idée du peu de dépense que nécessitera l'établissement du réseau primaire constituant les feeders d'alimentation des sous-stations grâce à l'emploi des tensions qui sont, à l'heure actuelle, entrées dans le domaine de la pratique.

On pourra donc établir un réseau primaire reliant entre elles, non seulement toutes les sous-stations, mais encore les différentes usines génératrices alimentant le réseau et qui travailleront toutes en parallèle et pourront, dans une certaine mesure, se suppléer l'une à l'autre en cas de besoin, sans qu'il en résulte, dans le fonctionnement, des troubles graves et sans autres inconvénients

ıe perte un peu plus grande, dans ce cas, sur le réseau pri-
}.

ın est, d'ailleurs, à peu près de même pour les sous-stations, le sorte que l'ensemble pourra offrir pour l'exploitation, une ité bien plus grande qu'on ne serait tenté de le croire au pre- abord, ce qui permettrait, en pratique, d'assurer le service sûrement qu'à l'aide de locomotives indépendantes.

partie qui pourrait paraître la plus faible dans pareil sys- et la plus exposée aux critiques est constituée par les lignes ınducteurs électriques. Mais, quand on y réfléchit attentive- et qu'on examine de près les chances d'accident qu'elles ent éprouver, on reconnaîtra :

Que les lignes secondaires de prises de courant offrent, par constitution, bien moins de prises aux accidents que les ; ferrées elles-mêmes et que les réparations peuvent en être ; avec une extrême rapidité;

Que les lignes primaires peuvent être dédoublées, afin d'of- la plus grande sécurité possible; que, même en cas de mise service d'un tronçon entier de ligne primaire, le service n'en nullement arrêté pour cela, le réseau primaire devant cons- ;r un circuit fermé alimenté de plusieurs côtés; enfin, que les dents aux lignes primaires pourront être réparés avec encore de rapidité que ceux aux lignes secondaires.

ous rappellerons que des services extrêmement importants, ıme le téléphone, le télégraphe, sont, depuis de longues ées, assurés par des lignes électriques aériennes dont la cons- tion ne peut en rien être comparée, sous le rapport de la soli- ı et du soin d'installation, avec ce qui serait fait pour les che- s de fer électriques et que, cependant, l'exploitation de ces ices de première nécessité n'a jamais donné lieu à aucune culté sérieuse, ni même à aucune critique.

donc l'on se dégage des préjugés qui peuvent avoir cours à ’gard et qu'on examine la question avec attention et impar- é, tout porte à croire qu'il en sera de même pour les lignes ıemins de fer électriques.

nous cherchons maintenant à nous rendre compte des pertes es que nécessiteraient les multiples transformations de l'éner- lepuis la machine à vapeur des stations génératrices jus- ıx jantes des roues des trains, nous trouvons, par récapitu- ı, les résultats suivants :

Alimentation directe.

Dynamos génératrices	0,96
Ligne secondaire	0,90
Moteurs des trains.	0,85 à 0,[illegible]
	0,73 à 0,[illegible]

Dans le cas de l'alimentation par sous-stations, le rendement s
égal au chiffre précédent multiplié par le rendement du systè
constitué par les transformateurs de départ, la ligne primaire
les sous-stations.

Dans le cas du transport de force du Niagara à Buffalo, le r
dement de cet ensemble est estimé atteindre 88 0/0, ce chi
comprenant le rendement des transformateurs de départ et d'
rivée, des convertisseurs rotatifs et de la ligne primaire.

Toutefois, dans le cas actuel, on ne peut espérer réaliser
rendements aussi élevés, parce que les sous-stations ne foncti
neront pas à pleine charge, c'est-à-dire dans les conditions
plus économiques.

En supposant qu'elles ne fonctionneront en moyenne qu'à qu
de charge, ce rendement pourra encore atteindre près de 80 0
obtenus :

Transformateurs de départ.	0,97
Ligne primaire	0,95 à 0,96
Transformateurs de sous-stations. .	0,93 à 0,94
Convertisseurs rotatifs.	0,91 à 0,92
Total.	0,79

Dans le cas d'emploi des moteurs d'induction, ces chiff
seront ramenés aux valeurs suivantes :

Transformateurs de départ.	0,97
Ligne primaire.	0,95 à 0,96
Transformateurs de sous-stations. .	0,91 à 0,92
Total.	0,84

Le rendement total avec alimentation par sous-stations pou
donc varier de 0,58 à 0,65, soit en moyenne 60 0/0, c'est-à-d
atteindre un chiffre de même ordre que le rendement moyen d
locomotives à vapeur.

En terminant, nous ferons remarquer le rôle nouveau et p

ticulièrement intéressant que pourront acquérir les chemins de fer et les services nouveaux que l'électricité leur permettra d'ajouter à tous ceux déjà si grands qu'ils rendent à l'heure actuelle, et qui en font l'organe le plus puissant de la vie d'un pays.

En effet, les lignes électriques primaires transportant le courant à haute tension, permettront en tous les points d'un réseau d'obtenir de la lumière, de la force motrice, c'est-à-dire deux des choses les plus nécessaires à la vie industrielle. Elles permettront de les obtenir à des conditions de prix extrêmement réduites, puisque d'une part, cette force motrice sera produite dans d'immenses usines centrales où tout pourra être combiné pour en réduire les prix de revient à leur plus basse limite et que, d'autre part, ces transports de force n'étant pas établis uniquement dans un but spécial n'auront pas à supporter des frais généraux et des charges d'intérêt et d'amortissement comparables à celles qui grèvent la plupart des autres transports de force et les rendent trop souvent peu avantageux.

L'éclairage électrique des villes, en particulier, si lourdement grevé par la faible utilisation annuelle des stations centrales pourra être réalisé à des conditions bien plus avantageuses qu'à l'heure actuelle, aussi bien pour les moins importantes que pour les plus considérables.

De même pour la traction à l'intérieur de ces villes et sur les petites lignes d'intérêt local qui pourront les relier entre elles, de même enfin pour beaucoup d'autres applications qu'il serait trop long d'énumérer, mais que chacun peut aisément concevoir; il en résultera une nouvelle source de recettes pour les Compagnies de chemins de fer et de bienfaits pour les populations qu'elles desservent.

CHAPITRE V

§ 76. — Ce travail n'aurait guère d'utilité pratique si, en terminant, nous n'examinions pas la question primordiale qui se pose dès que l'on envisage un pareil problème.

Que coûterait la transformation électrique d'un réseau de chemins de fer?

Quels résultats économiques donnerait leur exploitation en comparaison de ceux obtenus par le système actuel?

C'est ce que nous allons essayer d'examiner aussi fidèlement que possible.

Frais de première installation.

§ 77. — Cette question aurait beaucoup moins d'importance si les chemins de fer étaient maintenant à construire; il suffirait alors de faire un devis dans les deux hypothèses et d'examiner celui qui conduirait au minimum de dépenses.

Si l'on était dans un cas pareil, la traction électrique se trouverait en bien meilleure posture, et bien souvent elle offrirait l'avantage sous ce rapport. Mais tel n'est pas le cas.

La plupart des lignes de chemins de fer, du moins en Europe, sont construites à l'heure actuelle et toutes les dépenses qui seraient faites en vue de leurs transformations sont des dépenses supplémentaires dont il faut récupérer l'intérêt et l'amortissement, soit au moyen d'augmentation de recettes, soit au moyen de diminution de frais d'exploitation pour trouver un avantage financier à la transformation.

Ces dépenses de transformation seront évidemment considérables; toutefois elles n'auraient pas l'importance qu'on est tenté de leur attribuer au premier abord.

Elles comprennent principalement :

1° L'établissement des lignes électriques primaire et secondaire et de leurs accessoires;
2° L'établissement des sous-stations;
3° L'établissement des usines centrales;
4° Les dépenses pour le matériel roulant.

Lignes primaire et secondaire.

§ 78. — Ainsi que nous l'avons déjà vu, les frais de premier établissement de la ligne de prise de courant varieraient d'environ 10 000 à 25 000 *f*, suivant le nombre de voies et l'importance des conducteurs.

Nous pouvons admettre comme moyenne le chiffre de 20 000 *f*.

D'autre part, en supposant la ligne primaire formée par un réseau continu d'une section moyenne de 90 à 100 mm^2, les frais d'établissement de cette ligne primaire ne dépasseraient pas en moyenne 2 000 *f* le kilomètre.

Sous-stations.

9. — Nous avons vu que les sous-stations pouvaient être ées en moyenne de 30 *km* et qu'elles devaient être placées de rence aux embranchements et bifurcations divers de manière servir chacune l'étendue de réseau la plus considérable pos-

1s ces conditions et en tenant compte des parties de réseau ntées directement par les stations centrales on pourra ad- e que chaque sous-station desservira en moyenne 45 *km* de u.

ant à la puissance à donner à chaque sous-station on sera de bonnes conditions en la choisissant égale au double de la ance absorbée par les plus puissants trains circulants sur la et cette puissance ainsi déterminée sera, en général, quatre nq fois supérieure à la puissance moyenne dépensée sur le ıu.

us pouvons par exemple, fixer cette puissance, en marche ıale, à une moyenne de 1 000 kilowatts par sous-station et en ire l'importance de la dépense qu'elles entraîneraient, éta- dans les différents systèmes que nous avons examinés.

ns le cas de sous-stations avec transformateurs fixes et con- sseurs rotatifs, la dépense totale d'établissement serait d'en- ı 180 à 200 *f* par kilowatt installé, soit au total 180 à 200 000 *f*.

ns le cas d'emploi de transformateurs statiques pour moteurs ırants triphasés, elle n'excéderait pas 45 *f* par kilowatt ins- , soit au total 45 000 *f*.

s dépenses ramenées au kilomètre de ligne donnent les ré- ts suivants :

1er cas	4 000 *f* par kilomètre.
2me cas	1 000 —

Stations génératrices.

10. — On sera dans des conditions suffisamment larges en issant chacune de ces usines centrales pour deux fois et demie ıvail moyen qu'elles ont à débiter pour l'alimentation de la partie de réseau qu'elles desservent.

; frais de premier établissement de ces puissantes usines à ır s'élèveraient à environ 500 *f* par kilowatt.

Par exemple, on peut évaluer comme suit les dépenses d'installation d'une station comprenant trois machines de 1 500 kilowatts.

3 unités de 1 500 kilowatts accouplées avec machines à vapeur de 2 000 *ch* y compris accessoires, fondations et mise en place	1 050 000 *f*
14 chaudières de 250 *m*	280 000
Pompes et tuyauterie d'alimentation des chaudières	25 000
Fondations des chaudières, canaux de fumée et cheminées	65 000
Tuyauterie générale et robinetterie	80 000
Transformateurs à haute tension	150 000
Tableaux de distribution.	50 000
Outillage et accessoires divers	100 000
Bâtiments, puits, réservoirs, canalisation diverses et imprévu.	450 000
TOTAL.	2 250 000*f*

Soit 500 *f* par kilowatt de puissance.

L'importance de la puissance à installer dans ces stations, par rapport au nombre de kilomètres d'étendue du réseau, dépend évidemment de l'activité du trafic sur ce réseau. Supposons, par exemple, que le nombre de kilomètres-trains annuels atteigne successivement le chiffre de 7 000, 10 000 et de 15 000 par kilomètre de ligne et attribuons-leur la même composition moyenne que celle qui résulte des statistiques de la Compagnie des chemins de fer du Midi. Cette composition moyenne, pour les trains de voyageurs et les trains mixtes, est de 10 wagons, pesant au plus 100 *t* et donnant lieu à un effort moyen de 450 à 500 *kg* tout au plus.

Pour les trains de marchandises, elle est de 31 wagons pesant ensemble environ 300 *t* et ne donnant certainement pas lieu à un effort de traction moyen supérieur à 900 ou 1 000 *kg*.

L'importance des deux trafics se balançant à peu près, nous pourrons prendre pour effort de traction moyen par train le chiffre de 750 *kg* et nous serons plutôt au-dessus de la réalité.

Le rendement depuis la station jusqu'aux jantes des roues dépassant 0,60 et, d'autre part, chaque kilowatt-heure correspondant à environ 360 000 *kgm*, la puissance par kilomètre de voie à donner aux stations centrales, sera dans les différents cas :

1° $\frac{7\,000}{365 \times 24} \times \frac{750\,000}{360\,000} \times \frac{2,5}{0,6} =$ 7 kilowatts nécessitant une dépense de 3 500 *f*

2° $\frac{10\,000}{365 \times 24} \times \frac{750\,000}{560\,000} \times \frac{2,5}{0,6} = 10$ — — 5 000

3° $\frac{15\,000}{365 \times 24} \times \frac{750\,000}{360\,000} \times \frac{2,5}{0,6} = 15$ — — 7 500

Matériel roulant.

§ **81.** — Pour faire l'évaluation de cette dépense, nous devons faire une hypothèse sur le nombre de kilomètres qu'effectue, chaque année, une voiture électrique et qui sera évidemment bien supérieur à ce que font les locomotives à vapeur. Nous pouvons nous baser, pour cela, sur les très nombreux réseaux interurbains exploités électriquement en Amérique et qui donnent une moyenne de 250 à 300 *km* effectués par jour, soit 90 000 à 110 000 par an.

Prenons le chiffre de 80 000 *km* et fixons à 40 000 *f* (correspondant à environ 500 *ch*) le prix moyen de ces locomotives. Les dépenses de matériel roulant qu'elles entraineront dans les différents cas, seront :

1° $\frac{40\,000 \times 7\,000}{80\,000} = 3\,500\,f;$

2° $\frac{40\,000 \times 10\,000}{80\,000} = 5\,000\,f;$

3° $\frac{40\,000 \times 15\,000}{80\,000} = 7\,500\,f.$

Si maintenant nous totalisons les chiffres afférents aux divers articles, nous trouvons les résultats suivants :

I.	Ligne primaire.			2 000 *f*
	Ligne secondaire.			20 000
	Sous-stations.	1 000	à	4 000
		23 000	à	26 000 *f*

II.	Station centrale.	3 500 *f*	5 000 *f*	7 500 *f*	
	Matériel roulant.	3 500	5 000	7 500	
		7 000 *f*	10 000 *f*	15 000 *f*	par kilom. de ligne.

D'après ces résultats on voit que les frais totaux de transformation d'un réseau entier de chemins de fer s'étendant sur plusieurs milliers de kilomètres ne dépasseraient pas approximativement 30 000 à 40 000 *f* par kilomètre suivant les cas.

Ces chiffres paraîtront remarquablement faibles en comparaison des dépenses totales de premier établissement nécessitées en moyenne par kilomètre de voie ferrée.

Comptons l'intérêt et l'amortissement de ces dépenses supplémentaires à 6 0/0 l'an : il en résultera une charge annuelle par kilomètre de ligne et une charge par kilomètre-train données par le tableau ci-après (1).

Trafic par kilomètre de ligne.	Intérêt et amort. annuel.	Intérêt et amort. par kilomètre-train.
—	—	—
7 000 kilom.-trains par an.	1 800 *f*	0,257 *f*
10 000 —	2 100	0,210
15 000 —	2 400	0,160

D'après ce tableau, on voit l'influence considérable de la fréquence et de l'intensité du trafic sur l'importance relative des charges d'intérêt et d'amortissement.

Il y aurait lieu de déduire de ces chiffres ceux correspondant aux dépenses annuelles que les Compagnies consacrent au renouvellement de leur matériel de traction et de tout ce qui s'y rapporte. Toutefois nous n'en tiendrons pas compte et admettrons que les chiffres ci-dessus représentent les sommes à récupérer soit par des suppléments de recettes, soit par des économies dans l'exploitation pour qu'au point de vue économique il y ait intérêt à substituer la traction électrique à la traction par locomotive à vapeur.

Comparaison des frais d'exploitation.

§ 82. — Si on compare les charges d'intérêt et d'amortissement que nous venons de déterminer aux recettes par kilomètre-train et aux frais totaux d'exploitation par kilomètre-train, on se rend de suite compte qu'elles n'ont pas une importance considérable, puisqu'elles ne représentent guère plus de 5 0/0 du premier

(1) Il va sans dire que ces chiffres seraient beaucoup réduits si on admettait un intérêt moindre pour l'argent ou une durée d'amortissement plus grande. Il ne faut pas oublier que les grandes compagnies de chemins de fer peuvent emprunter à 3 0/0 et amortir en plus de 50 ans.

chiffre et 10 0/0 du second, en prenant pour base de l'intérêt et de l'amortissement le chiffre de 6 0/0 que nous avons supposé.

Elles seront encore sensiblement réduites au fur et à mesure que l'intérêt admis ira en diminuant, et la durée de l'amortissement en augmentant. Avec une durée d'amortissement de cinquante ans et un intérêt de 3 0/0, elles seraient réduites environ aux deux tiers.

Ces dépenses supplémentaires peuvent trouver leur compensation soit dans une augmentation du chiffre de recettes, soit dans une diminution des dépenses d'exploitation.

Examinons d'abord les augmentations de recettes que permettrait de réaliser la traction électrique.

Il n'y aurait à peu près rien à espérer en ce qui concerne le trafic de marchandises, trafic qui fournit en général 50 à 60 0/0 des recettes totales. Mais il n'en serait probablement pas de même pour les recettes provenant du transport des voyageurs.

Déjà, les améliorations que la traction électrique permettrait d'apporter dans le service des transports à grandes distances, peuvent faire espérer une sensible augmentation dans les recettes de cette catégorie de voyageurs, car les facilités données aux déplacements ont toujours amené l'augmentation du nombre des voyages, et l'amélioration apportée à ce service par la traction électrique serait très sensible, tant au point de vue de l'augmentation de la vitesse qu'au point de vue du confort, de la suppression de la fumée, de l'échappement de vapeur et des escarbilles.

Mais c'est surtout le trafic local à petites distances qui fournirait, comme supplément de recettes, un appoint considérable ; ce service pourrait être beaucoup mieux effectué qu'à l'heure actuelle, grâce à la facilité de mieux proportionner le nombre des départs et d'admettre des arrêts plus rapprochés, et si l'on réfléchit que sur beaucoup de réseaux le parcours moyen des voyageurs ne dépasse pas 40 à 50 *km* et, par suite, que les voyageurs à petite distance entrent pour une très grande proportion dans le total des recettes-voyageurs, on voit qu'il suffirait d'une faible augmentation de ce trafic local pour compenser immédiatement les charges d'intérêt et d'amortissement dues à la transformation du réseau, car il ne faudrait pour cela qu'une augmentation d'environ 10 0/0 dans le chiffre des recettes-voyageurs.

Économie dans les frais d'exploitation.

§ **83.** — Examinons d'abord les modifications que subiraie les frais de traction.

Ces frais comprennent:

1° Les dépenses d'eau et de combustible ou de production force motrice;

2° Celles de personnel de conduite;

3° Celles de graissage, nettoyage et entretien des locomotive

4° Celles de graissage, nettoyage et entretien des wagons;

5° Enfin, celles d'amortissement du matériel et les frais gér raux divers.

Pour la Compagnie du Midi, ces frais se sont élevés, l'anr dernière, respectivement aux valeurs suivantes par kilomèt train:

Eau et combustible	0,26
Personnel de conduite (chauffeurs et mécaniciens) . .	0,15
Graissage, nettoyage et entretien des locomotives . .	0,16
Graissage, nettoyage et entretien des wagons	0,17
Amortissement du matériel et frais généraux divers .	0,04
Total.	0,80

Production de force motrice.

§ **84.** — La composition moyenne des trains auxquels se ra portent les dépenses ci-dessus est donnée par le tableau suivai

	Trains de voyageurs.	Trains mixtes.	Trains de marchandis
	—	—	—
Composition moyenne des trains. Wagons.	9,4	10,17	31,66
Parcours kilométrique annuel des trains.	8 600 927	5 217 423	7 430 53

Le poids moyen des wagons de voyageurs et de marchandi peut être estimé à 10 *t*. D'autre part, l'effort de traction moy par tonne peut être estimé à 4,5 *kg* ou 5 *kg* pour les trains voyageurs et les trains mixtes, et à 3,5 *kg* pour les trains de m chandises.

L'effort de traction moyen pour les différentes catégories de trains serait, d'après cela, d'environ :

500 à 550 *kg* par train de voyageurs et train mixte;
1 200 à 1 250 *kg* par train de marchandises,
en ajoutant 10 0/0 pour tenir compte du poids mort des équipements électriques.

L'effort de traction moyen par train serait, par suite, d'environ 750 à 800 *kg*, ce qui correspondrait à une production, au tableau des usines génératrices, d'environ 3,5 kilowatts-heures par kilomètre-train.

Dans le cas de la traction électrique, les dépenses pour la production de la force motrice comprendraient les frais des usines génératrices et ceux des sous-stations.

Les frais des usines génératrices comprennent eux-mêmes :

1° Les dépenses de combustible;
2° Les dépenses de main-d'œuvre;
3° Celles de graissage et d'entretien du matériel;
4° Les dépenses diverses.

Ces frais de production du kilowatt-heure dépendent énormément de la puissance des usines, de leur charge moyenne et du prix du combustible.

Pour les grandes usines composées de puissantes unités marchant à pleine charge, ces frais sont très réduits et les dépenses de combustible ont une influence prépondérante. Par exemple, pour une usine composée de trois unités de 1 500 kilowatts, brûlant du charbon à 18 *f* la tonne et produisant annuellement 15 millions de kilowatts-heures, ces dépenses peuvent être évaluées comme suit :

	Dépenses annuelles.	Dépenses par kilowatt-heure.
Combustible : 22 500 *t* à 18 *f* . .	405 000 *f*	0,0270 *f*
Personnel de l'usine	65 000 *f*	0,0043 *f*
Graissage et entretien des machines	70 000 *f*	0,0047 *f*
Frais généraux divers	60 000 *f*	0,0040 *f*
TOTAUX.	600 000 *f*	0,0400 *f*

La consommation de combustible a été supposée, allumage compris, de 1,5 *kg* par kilowatt-heure.

A titre de comparaison, nous donnons ci-après les résultats de fonctionnement de quelques usines américaines et européennes :

1° *Usine de Pittsburg.* (Production 3 300 kilowatts-heures par jour et brûlant du poussier de charbon revenant à 4 *f* la tonne) :

Consommation de houille. .	1,800 *kg* par kilowatt-heure.
Dépenses de combustible. .	0,008 *f* —
Dépenses de main-d'œuvre.	0,013 *f* —
Dépenses totales.	0,024 *f* —

2° *Usine.* (Production : 34 000 kilowatts-heures par jour. Charbon gras coûtant 12,50 *f* la tonne à l'usine) :

Consommation de houille. .	1,600 *kg* par kilowatt-heure.
Dépenses de combustible. .	0,020 *f* —
Dépenses totales.	0,032 *f* —

3° *Usine de Washington.* (Deux machines de 200 kilowatts pro duisant de 2 500 à 3 600 kilowatts-heures par jour) :

Consommation de houille. .	1,60 *kg* à 1,95 *kg* par kilowatt-heure
Dépenses totales.	0,051 *f* par kilowatt-heure.

4° *Usine de Rouen.* (Trois machines de 300 kilowatts produisan 3 à 4 000 kilowatts-heures par jour) :

Dépenses de combustible. .	0,046 *f* par kilowatt-heure.
Dépenses totales	0,077 *f* —

5° *Usine de Hambourg.* (Machines de 400 et de 800 kilowatt pour l'éclairage et la traction produisant 15 à 20 000 kilowatts heures par jour) :

Consommation de houille. .	1,26 *kg* à 1,40 *kg* par kilowatt-heure
Dépenses de combustible. .	0,030 *f* par kilowatt-heure.
Dépenses totales.	0,055 *f* à 0,060 *f* par kilowatt-heure

(Ces dernières dépenses, comprenant l'entretien d'importante batteries d'accumulateurs, sont sensiblement augmentées pa suite des inégalités du service d'éclairage. Elles ont constammen décru depuis l'ouverture des usines et l'on espère les réduir encore dans la suite.)

On voit donc que le chiffre de 0,04 *f* que nous avons admi pour les puissantes usines génératrices qui seraient destinées fournir l'énergie à un réseau de chemin de fer est bien justifié. I pourra même être sensiblement réduit partout où le combustibl

sera obtenu à meilleur marché que le prix que nous avons supposé (en particulier pour les usines situées près des mines) et partout où la puissance pourra être empruntée à des chutes d'eau convenablement placées et disposées.

Quant aux dépenses des sous-stations, elles dépendront considérablement de leur composition.

Pour une sous-station de 1 000 kilowatts, avec convertisseurs rotatifs, produisant 2 millions de kilowatts-heures par an, ces dépenses peuvent s'évaluer comme suit :

Dépenses du personnel.	7 000 *f* par an.
Graissage et entretien du matériel	5 000 *f* —
Divers.	3 000 *f* —
Total.	15 000 *f* par an.

Soit 0,0075 *f* par kilowatt-heure.

Pour une sous-station ne contenant que des transformateurs statiques, ces frais ne dépasseraient pas le tiers des chiffres précédents.

Par suite, les dépenses totales par kilowatt-heure produit au tableau des usines génératrices ne dépasseront pas 0,0425 *f* à 0,0475 *f*, de telle sorte que les dépenses par kilomètre-train, nécessitant 3 500 watts-heures, seront inférieures à 0,17 *f*. Il y aura donc, de ce chef, une économie d'environ 0,09 *f* par kilomètre-train sur les dépenses d'eau et de combustible nécessitées par les locomotives à vapeur.

Remarquons que dans ce chiffre de 0,17 *f*, la dépense de combustible n'entrerait que pour 0,095 *f*, alors que pour le même service, les locomotives à vapeur ont dépensé près de 0,25 *f*. Ce résultat est facile à expliquer.

En effet, nous avons vu que le rendement total des transmissions électriques serait à peu près de même ordre que celui des locomotives à vapeur employées pour la traction. Il y aura donc entre les deux cas toute la différence qu'il y a entre la consommation par cheval-heure de grandes unités de 2000 à 2 500 *ch*, à double ou triple expansion et fonctionnant à condensation, avec les machines à vapeur des locomotives. Il y aura en outre la différence entre les prix de combustibles qui pourront être utilisés dans les deux cas, et qui seront toujours plus chers dans le second, par suite des conditions particulières qu'ils doivent remplir et de la meilleure qualité qui devra être exigée en général.

Enfin toute la puissance produite par les usines électriques est utilisée ; les moteurs électriques au repos cesseront de consommer, tandis qu'une locomotive à l'arrêt continue d'avoir son foyer allumé et de brûler du charbon et à l'arrivée toute la chaleur contenue dans la masse d'eau de la chaudière et dans le charbon restant sur la grille est perdue.

Il n'y a donc pas lieu de s'étonner si, dans le second cas, on constate une dépense 2,5 fois plus forte que dans le premier.

Personnel de conduite.

§ 85. — Ces dépenses sont considérables dans le cas des locomotives à vapeur.

En effet deux hommes sont indispensables : le mécanicien pour conduire la machine, manœuvrer les différents appareils et surveiller les signaux et la voie ; le chauffeur pour alimenter la chaudière.

Par suite du travail difficile qu'ils ont à faire et de la grave responsabilité qui pèse sur eux, ces gens doivent être des hommes de valeur et être payés cher.

Enfin le travail matériel et moral qu'ils ont à faire est si pénible, si fatigant et si énervant, qu'ils ne peuvent le soutenir pendant de longs laps de temps consécutifs, et par suite le parcours kilométrique annuel qu'ils effectuent est relativement médiocre.

Avec la traction électrique la question serait tout autre. En premier lieu, un seul homme suffit amplement pourvu qu'en cas d'accident subit, il puisse être remplacé par un autre employé du train.

Cet homme n'a pas besoin d'avoir les connaissances spéciales qui sont indispensables à un mécanicien et peut être payé moins cher.

Enfin il n'a aucun travail matériel à faire ; il peut même être assis au besoin et sa seule fonction est de faire attention aux signaux de la voie, il sera même facile, avec la traction électrique, de disposer les choses de façon que la manœuvre des aiguilles et des signaux commande en même temps l'envoi du courant aux sections parcourues par le train, de telle sorte qu'une erreur du wattman soit rendue impossible.

Dans ces conditions, cet homme pourra donner un parcours kilométrique annuel bien supérieur à celui des mécaniciens et chauffeurs de locomotives. Malgré cela il se fatiguera très peu, et

aux stationnements il pourra être employé à un autre travail, en particulier au nettoyage et à l'entretien des moteurs et de l'équipement électrique des trains.

En supposant que chaque wattman fasse un parcours kilométrique moyen de 200 à 230 *km* par jour (soit 50 à 60 0/0 de plus que les mécaniciens) et soit payé de 7 à 8 *f* par jour, les dépenses de personnel de conduite qui en résulteraient ne dépasseraient pas 0,035 *f* par kilomètre-train. En portant ce chiffre à 0,045 *f*, nous serons donc très larges et cependant il conduit à une économie de 0,11 *f* par kilomètre-train sur les frais correspondants exigés par les locomotives à vapeur.

Graissage, nettoyage et entretien des locomotives.

§ 86. — Sur ce chapitre aussi, la traction électrique fait espérer, à juste titre, de très sérieuses réductions.

On ne peut, en effet, mettre en balance l'entretien que nécessiteront les moteurs électriques si simples et en même temps si robustes avec celui que nécessitent les multiples et délicats organes des locomotives à vapeur et surtout les chaudières, qui exigent une surveillance et des soins si minutieux.

D'autre part, pour le même service à effectuer, les locomotives électriques seront en nombre moindre, car elles pourront faire un parcours kilométrique annuel bien supérieur.

Par suite, non seulement l'entretien par machine sera moins grand, mais encore il portera sur un moindre nombre de locomotives.

L'absence de grandes exploitations de chemin de fer électriques empêche d'affirmer des chiffres précis ; toutefois on peut raisonnablement supposer qu'il y aura la même proportion entre les deux systèmes de traction placés dans des conditions nouvelles, mais identiques pour tous deux, que celles qu'on a pu constater sur les lignes secondaires et chemins de fer sur routes. Or dans ce dernier cas, les dépenses d'entretien avec le système électrique n'ont jamais dépassé 40 à 50 0/0 de celles nécessitées par le système à vapeur, pour le même travail effectué. Il y a donc tout lieu de penser que la même proportion se conservera sur les chemins de fer.

D'un autre côté, on peut observer que les dépenses d'entretien par kilomètre parcouru nécessitées par les locomotives de chemins de fer ne sont pas, en moyenne, beaucoup plus considé-

rables que celles nécessitées par les petites machines employé sur les lignes secondaires ou de banlieue.

Il est probable que la même chose se reproduira avec la tra tion électrique, car si d'une part, les appareils à entretenir doive être beaucoup plus importants dans la traction des chemins de fe d'autre part, les vitesses seront beaucoup plus grandes et les a pareils beaucoup plus robustes par rapport au service à effectue Les frais d'entretien sur les chemins de fer interurbains amé cains exploités électriquement ont rarement dépassé 0,04 à 0,0 par kilomètre parcouru, et ils ont souvent été réduits au-desso de 0,03 *f*. Par suite, en estimant l'ensemble de ces frais pour traction électrique des chemins de fer à 0,07 *f* par kilomètre pa couru (soit 40 à 45 0/0 du chiffre nécessité par les locomotive à vapeur), nous aurons fait une large évaluation.

L'économie qui résultera de ce chef atteindra donc au moin 0,09 *f* par kilomètre-train.

Graissage, nettoyage et entretien des wagons.

§ **87.** — Il n'y a pas de très grande différence à espérer sur c chapitre. Toutefois, elle existera encore en faveur de l'électricité grâce à la suppression de la fumée, de l'échappement de vapeu graisseuse, qui contribuent à souiller rapidement la peinture de wagons, leur cuivrerie et même leurs aménagements intérieurs

Nous compterons pour ce chef une économie de 0,01 *f* par kilo mètre parcouru.

§ **88.** — En récapitulant les différents chapitres que nous avon passés en revue, nous trouvons donc les résultats suivants :

Économie sur la production de force motrice.	0,09 *f*
— le personnel de conduite	0,11
— l'entretien et le graissage des locomotives	0,09
— — — des wagons . .	0,01
Économie totale par kilomètre-train sur les frais de traction	0,30

Cependant les frais de traction ne seront pas les seuls sur les quels des économies pourront être réalisées. Les dépenses de l voie, dont la surveillance et l'entretien coûtent actuellement le sommes énormes de 2 500 à 3 000 *f* par kilomètre de ligne, co

respondant à près de 0,40 *f* par kilomètre-train, pourront être notablement réduites.

En effet, les charges maxima par essieu pourront être très sensiblement moindres, et d'autre part, les locomotives électriques seront entièrement débarrassées des mouvements perturbateurs inhérents aux locomotives à vapeur et qui tendraient inévitablement à désorganiser les voies les mieux établies, sans la surveillance constante et l'entretien continuel dont elles sont l'objet.

Il y aurait lieu, il est vrai, d'ajouter l'entretien des lignes aériennes ou autres, conduisant l'électricité; mais cet entretien, très minime et qui ne dépasserait pas 100 à 150 *f* par kilomètre de voie, ne compenserait qu'une faible partie de l'économie importante qui serait certainement réalisée sur l'entretien de la voie proprement dite.

Enfin, nous ajouterons qu'avec la traction électrique la marche des trains pouvant être modifiée de la voie même au moyen d'appareils contrôlant l'envoi du courant, les chances d'accident seront moindres, et le personnel employé aux signaux et à la surveillance de la voie pourra être réduit.

§ **89.** — Pour nous résumer, nous croyons pouvoir donc conclure de cette étude :

1° Que dans l'état actuel de l'industrie électrique, la transformation des voies ferrées placées dans les conditions où se trouvent les chemins de fer français est possible au point de vue technique;

2° Que les frais nécessités par cette transformation ne dépasseront pas un chiffre relativement faible par rapport au capital déjà engagé dans ces entreprises, chiffre qu'on peut estimer en moyenne à environ 30 à 40 000 *f* le kilomètre;

3° Que les plus-values de recettes et les économies dans les frais d'exploitation auxquelles la traction électrique pourra raisonnablement conduire, couvriront très probablement plus que l'intérêt et l'amortissement de ces dépenses supplémentaires, et rendront l'opération avantageuse au point de vue financier comme au point de vue du progrès scientifique et matériel.

CHRONIQUE

N° 200

SOMMAIRE. — Les grands bateaux à vapeur à roues *(suite et fin)*. — Ascenseurs pou teaux, en Allemagne. — Résistance des tire-fonds à l'arrachement. — Suppressi bruit causé par les ponts métalliques. — Installation pour les essais avec des m de navires. — Transmissions à vis sans fin.

Les grands bateaux à vapeur à roues *(suite et fin)*. — Il pas sans intérêt de faire voir ici comment les résultats si importan vitesse et de puissance que nous avons eu l'occasion de constater, tout ce qui précède, ont été amenés par le simple développemen trois facteurs qui régissent le fonctionnement des machines à va la pression, la détente et la vitesse.

Nous choisirons comme exemple des anciennes machines à r celle d'un des derniers paquebots transatlantiques, munis de ce pulseur, qu'on puisse considérer comme ayant été réellement ré l'*Arabia*, de la ligne Cunard, construit en 1852.

La machine à basse pression et à balancier, faite par R. Nap Glasgow, avait 2 cylindres de 2,616 *m* de diamètre et 2,745 *m* de co elle donnait 15 tours par minute avec de la vapeur à une pressio tiale effective de 0,9 *kg* par centimètre carré. Les roues avaient 10 de diamètre et portaient chacune 28 aubes fixes de 3,20 *m* de lon sur 0,96 *m* de hauteur, soit une surface totale de 86 m^2 en nombre

Les chaudières tubulaires, à faces planes, au nombre de 4, av foyers en tout, avaient une surface de grille de 59,70 m^2 et une su de chauffe de 1 576 m^2. La machine développant 3 018 *ch* indiqu maximum, un mètre carré de surface de grille produisait 50,5 *ch* qués et un mètre carré de surface de chauffe 1,91. La vitesse maxi du navire était de 14,75 nœuds, ce qui était très beau pour l'époq

La consommation de charbon par cheval indiqué et par heure de 1,80 *kg*, le poids total brûlé par heure était de 5 430 *kg*, soit 130 24 heures, ce qui correspond à une combustion de 90 *kg* par mètre de grille et par heure avec tirage naturel.

La *Marie-Henriette* a une machine compound inclinée, à 2 cylin l'un de 1,524 *m*, l'autre de 2,743 *m* de diamètre, avec 2,134 *m* de co donnant 53 tours par minute. Les roues ont seulement 6,21 *m* de mètre et portant chacune 9 aubes mobiles de 5,57 *m* de longue 1,32 *m* de hauteur, soit une surface totale de 66,15 m^2,

La vapeur est fournie à la pression initiale de 8,3 *kg* par centi carré, par 8 chaudières cylindriques tubulaires avec 24 foyers, pr tant une surface de grille de 43 m^2 et une surface de chauffe de 1 31 La puissance maximum réalisée a été de 8 134 *ch* indiqués, ce qui d 188 *ch* par mètre carré de surface de grille (au lieu de 59,7), et 6, par mètre carré de surface de chauffe (au lieu de 1,91). La vites

de 22,2 nœuds, mais nous n'avons pas à comparer les vitesses parce que nous ferions alors intervenir les dimensions des coques qui sont différentes, et nous ne nous occupons ici que de la production de la puissance et non de son utilisation. Nous ajouterons seulement, qu'avec une consommation de 0,9 *kg* par cheval indiqué et par heure, la dépense totale de combustible ressort à 7 320 *kg* par heure, soit 169 *t* par 24 heures, et la combustion par heure et par mètre carré à 170 *kg*, grâce au tirage forcé.

On voit qu'avec un moindre volume de cylindre et des chaudières de dimensions plus faibles, on a réalisé une puissance presque triple; la vitesse des pistons est, il est vrai, de 3,77 *m* par seconde, au lieu de 1,37, et la pression effective de plus de 8 *kg*, au lieu de 0,9 *kg*; mais la détente ressort à 6 à 7 volumes au lieu de 2 à peine, et le volume décrit par les pistons des cylindres de détente est par minute de 5,47 *l* par cheval pour la *Marie-Henriette*, tandis qu'il n'est que de 4,89 pour l'*Arabia*.

Au point de vue de l'encombrement, l'appareil moteur occupe sur le paquebot anglais 26 *m* dont 10,70 *m* pour la machine seule sur toute la largeur de la coque avec 6,70 *m* de hauteur de l'arbre au-dessus des carlingues. Sur le bateau belge, la longueur totale est de 35 *m* dont 13 pour la machine seule, sur toute la largeur de la coque et avec 3,80 *m* seulement de hauteur de l'arbre des roues au-dessus des carlingues de la machine.

Quant aux poids, nous n'avons pas les éléments nécessaires pour les apprécier exactement, mais on peut dire, sans risquer de se tromper beaucoup, que les machines de l'*Arabia* devaient peser, avec roues et chaudières pleines, au moins 360 *kg* par cheval indiqué, tandis que celles de la *Marie-Henriette* ne doivent guère peser plus de 120 *kg*, soit le tiers (1).

Il est évident que, pour être juste, nous devons ajouter aux trois éléments de production de puissance que nous avons signalés plus haut, l'emploi du tirage forcé qui, en permettant de brûler plus de combustible sous une chaudière donnée et de lui faire produire plus de vapeur, exerce une influence très appréciable sur la puissance obtenue avec un poids donné de matériaux.

D'autre part, il faut dire que les machines de la *Marie-Henriette* sont à condensation par surface, ce qui entraine une certaine augmentation de poids par cheval, de sorte que l'avantage de légèreté en faveur de cet appareil moteur se trouverait encore plus grand, à conditions égales, que nous ne l'avons indiqué.

Dans cette question, comme dans bien d'autres, une fois les résultats obtenus, rien ne parait plus simple que la manière de les obtenir, et cependant, pour y arriver, il a fallu un développement des améliorations progressif et relativement lent. On apprendre peut-être avec quelque surprise que bien peu s'en est fallu que ces vitesses de 20 nœuds qui ne sont plus aujourd'hui extraordinaires aient été réalisées pour la pre-

(1) Les machines de la *Ville-de-Douvres*, pour 3 000 *ch* et 37 tours pèsent, tout compris, 135 *kg* par cheval (voir *Chronique* de juillet 1892, page 165); celles de la *Marie-Henriette*, du même système, mais beaucoup plus puissantes et tournant plus rapidement doivent être notablement plus légères par unité de puissance.

mière fois en France il y a presque trente ans, au lieu de l'avoir été à l'étranger et notablement plus tard. Nous citerons, à ce sujet, le fait suivant, connu probablement de bien peu de personnes à l'heure qu'il est.

En 1868, si nos souvenirs sont exacts, B. Normand proposa de construire, pour le service de l'Empereur, un yacht à roues devant atteindre une vitesse supérieure à celle de tout navire existant alors, soit 20 nœuds. Il s'agissait de remplacer l'*Aigle* dont la marche laissait par trop à désirer. Ce bateau, construit par la Marine, n'avait jamais, en effet, réalisé plus de 12 nœuds et demi, ce qui ne l'empêcha pas d'ailleurs, lorsqu'il fut débaptisé après le 4 septembre, de recevoir (sans doute par antiphrase) le nom de *Rapide*.

Le yacht proposé devait avoir une coque de 90 *m* de longueur, soit en bois à bordé croisé, soit en acier. L'économie du projet reposait, en majeure partie, sur l'établissement d'un appareil moteur d'une légèreté spécifique suffisante pour loger une puissance indiquée de 5 000 à 6 000 *ch* dans une coque des dimensions indiquées plus haut. Cet appareil devait se composer de deux machines du système auquel nous avons déjà fait allusion, formées chacune d'un cylindre à haute pression oscillant et placé verticalement sous l'arbre des roues, et d'un cylindre à basse pression fixe et légèrement incliné. La vapeur, à la pression initiale de 5 *kg* effectifs, aurait été fournie par des chaudières cylindriques tubulaires à retour de flamme avec enveloppes en tôle d'acier.

Ce projet, bien accueilli en haut lieu, ne fut toutefois pas adopté par suite de l'opposition du Ministère de la Marine qui contestait la possibilité d'obtenir les résultats annoncés et qui proposait un yacht à deux hélices devant donner 16 nœuds. Ce dernier projet fut réalisée par la construction de l'*Hirondelle*. On voit, par tous les exemples que nous avons cités, que la conception de B. Normand était parfaitement rationnelle et réalisable et qu'on eût pu avoir en France, il y a vingt-sept ou vingt-huit ans, un bateau, de dimensions assez considérables, réalisant la vitesse de 20 nœuds, sans exemple à l'époque.

On s'attend naturellement à voir formuler ici quelques conclusions en faveur de la supériorité de l'un ou de l'autre des deux propulseurs. C'est une question fort délicate, dans laquelle des perfectionnements qui surgissent chaque jour dans la construction navale rendent les affirmations très hasardeuses, comme nous l'indiquions au début de cette note. Il est, d'ailleurs, fort difficile d'indiquer en pareille matière des solutions générales, celles-ci devant varier, en quelque sorte, dans chaque cas particulier.

On peut dire que les arguments généraux, qu'on pourrait appeler classique, invoqués autrefois en faveur de la supériorité de l'hélice sur les roues ont absolument disparu dès que le rôle des roues a été limité, comme il l'est actuellement, à des parcours de une à six heures effectués à grande vitesse par des bateaux à faible tirant d'eau; ces arguments étaient, on se le rappelle, la difficulté de l'emploi des voiles, la marche irrégulière par grosse mer, la rencontre des glaces et la variation du tirant d'eau.

On ne pourrait guère aujourd'hui invoquer contre le propulseur à roues que le plus grand poids et le plus grand encombrement des appa-

reils moteurs, la moins grande sécurité et l'utilisation inférieure qui rend les dépenses de service plus élevées. Nous allons examiner successivement ces points et voir quelle est leur importance réelle.

Poids. — L'excédent de poids des machines à roues sur les machines à hélice tient au moindre nombre de tours bien plus qu'au système. L'appareil complet se compose des machines, des chaudières avec l'eau et des propulseurs.

Pour les machines (nous supposons ici qu'il s'agit toujours de deux hélices) à nombre égal de tours, l'avantage de la légèreté serait certainement en faveur des roues, car il y aura au plus, avec elles, 3 cylindres et autant de tiroirs, tandis qu'avec 2 hélices, on aura jusqu'à 8 cylindres et autant de tiroirs, mais l'avantage du nombre de tours, 200 au lieu de 53 au maximum, assurera, pour les machines proprement dites, une certaine supériorité à l'hélice, par suite du moindre volume des cylindres et du moindre poids des pièces du mécanisme.

Pour les chaudières, si elles sont, dans l'un et l'autre cas, du même système, il n'y aura aucune différence à pression égale et à tirage égal, si la puissance est la même.

Pour les propulseurs, la différence est peu sensible, si elle existe. Certaines roues pèsent 35 *t* et même plus chacune; mais des arbres d'hélice, tel que ceux du *Columbia* et autres, de 0,305 *m* de diamètre sur 33 *m* de longueur, pèsent 20 *t* chacun et, si on compte l'hélice, la buttée, les paliers intermédiaires, les plateaux de jonction, le tunnel, le tube et le presse-étoupes, et les consoles de support, on arrivera bien à peu près au même poids que pour les roues.

Avec les machines à roues les plus légères, on réalise 8 1/2 *ch* par tonne de poids, ce qui donne un peu moins de 120 *kg;* avec les hélices on aura 10 1/2 *ch*, soit 95 *kg* par cheval. La différence est de 15 *kg*, ce qui, pour 5 000 *ch*, fait 75 *t*. Cet excès de poids pour un bateau de dimensions correspondantes à cette puissance représentera une différence de tirant d'eau de 0,10 à 0,12 *m*. Cela a d'autant moins d'inconvénient que les bateaux dont nous nous occupons ne sont pas des bateaux de charge, ils ne portent guère que des voyageurs, chargement surtout encombrant, puisque 1 000 personnes ne représentent que 75 *t*. Un léger excédent de poids dans l'appareil moteur n'a donc pas d'inconvénient sérieux.

Encombrement. — Au point de vue de l'espace occupé par les machines, la différence n'est pas considérable. Les machines de *la Marguerite* occupent 10,50 *m* pour 7 500 *ch*, celles du *Violet* 7,90 *m* pour 4 000 *ch*, tandis que les machines à hélice du *Columbia* prennent 7,50 *m*, celles de *la Tamise* 7.50 *m* et celles du *Duke-of-York* 8,90 *m* pour des puissances de 4.000 et 5,000 *ch*. L'emplacement occupe dans les deux cas toute la largeur de la coque, mais les machines à hélice prennent souvent plus de hauteur que les machines à roues. Il en résulte avec les premières une plus grande facilité de circulation sur le pont principal parce qu'on peut conserver des passages assez larges de chaque côté du panneau des machines, au moins avec les types les plus répandus d'appareils moteurs à roues. Ainsi, sur la *Marie-Henriette*, ces passages ont 2 *m* chacun.

Avec les machines à cylindres superposés qui n'exigent qu'une pai manivelles, on peut leur donner encore plus de largeur. Il n'y a pas encore sur ce point d'objection à l'emploi des roues.

Sécurité. — On invoque, en faveur des hélices jumelles, la possi de fonctionner avec un seul propulseur en cas d'avarie à l'autre, facilité de manœuvre que donne la présence des deux hélices qu'on faire tourner en sens inverse pour faciliter les évolutions du ba Sans contester absolument les faits, on peut répondre, d'une part, la première question perd beaucoup de son importance pour des tr sées de faible durée, que, d'ailleurs, un navire à aubes n'est pas dé paré par la perte d'une roue, puisque la *Marie-Henriette* déjà si sou citée, a pu revenir d'Écosse avec un seul propulseur (1); on sait, d'a part, que tous les remorqueurs anglais à roues possèdent, entre les machines, un embrayage permettant de faire tourner à volonté seule des roues. Il n'y a pas encore là d'infériorité bien réelle pou système de propulseur.

Utilisation de la puissance. — L'infériorité du rendement est peut l'objection la plus sérieuse. Toutefois, si le recul est générale un peu plus grand avec les roues qu'avec l'hélice, la différence bien sensible, avec les roues articulées, que si certaines circonsta empêchent de donner à la surface des aubes un rapport convenable la surface immergée du maître-couple. Il y a évidemment des comme nous avons eu occasion de l'indiquer, où on a eu tort de les bateaux avec des roues, les conditions ne permettant pas d'éta ces roues avec de bonnes proportions, mais il n'y a pas là de raiso condamner un propulseur à cause d'applications peu judicieuses, trouve, dans l'histoire de l'hélice, quantité de faits analogues.

On peut, en revanche, invoquer en faveur des bateaux à roues plus grande commodité d'installation, des ponts de promenade vastes, s'étendant jusqu'aux tambours, qui sont fort appréciés des sagers dans la belle saison. Les machines à hélice donnent quelqu lieu à des vibrations et à des bruits gênants, mais les machines à ro surtout inclinées, agissent souvent par des impulsions brusques da sens de la longueur, correspondant à chaque tour de l'arbre, à tel p qu'on peut apprécier le nombre de tours de tous les points du ba même les plus éloignés de l'appareil moteur.

Les hélices ont l'inconvénient d'exiger l'entrée à la forme sèche leur visite et leur réparation; mais, d'autre part, si les grands bat à roues sont exempts de cette sujétion, les réparations à leur coqu peuvent s'effectuer que dans des formes qui ne se rencontrent pas tout, à cause de la largeur nécessaire à l'entrée, plus de **23** *m* pour tains bateaux tels que le *Léopold-II* et la *Marie-Henriette*. Pour entrer le premier de ces bateaux dans la plus large des formes de G gow, il a fallu sacrifier une partie des moulures qui ornaient les t bours, et le paquebot n'a pu entrer qu'avec un jeu de moins d'un p entre les parois des tambours et les bajoyers de l'écluse.

Nous croyons donc que les deux propulseurs se valent, en son

(1) Voir Chronique de juillet 1894, page 187.

dans les circonstances où nous nous sommes placés, et qu'il n'y a pas de raisons suffisantes pour abandonner les roues là où leur emploi est justifié. La persistance que certaines administrations de premier ordre mettent à conserver ce propulseur semble indiquer qu'il y a là plus que ce qu'on a appelé le respect de la tradition et l'adoption du propulseur à roues pour les nouveaux bateaux que la Compagnie du chemin de fer du Nord vient de commander pour le service qui lui a été concédé entre Calais et Douvres, si ce fait qui a été mentionné déjà par plusieurs journaux est exact, viendrait encore à l'appui de cette manière de voir.

On nous permettra de terminer cette étude par quelques considérations sur les dispositions générales adoptées aujourd'hui dans les grands bateaux à roues pour les appareils moteurs. Nous ne parlerons ici que des dispositions mécaniques, la question des machines ordinaires et des machines à expansion multiple ayant déjà été élucidée précédemment.

Il y a une vingtaine d'années, la machine oscillante était presque uniquement employée; elle avait remplacé tous les anciens dispositifs. L'introduction du principe compound ne lui a pas été très favorable; ce système de machine se prêtait mal, sous la forme généralement adoptée, à l'emploi de la double expansion. Avec les cylindres accolés, il fallait mettre le receiver entre les deux et placer l'échappement à l'extérieur. L'adjonction de la condensation par surface est venue encore compliquer les choses : il fallait placer cet organe assez volumineux en avant ou en arrière de la machine, et les pompes à air ne se logeaient plus bien dans la partie centrale de l'appareil. Ces machines prenaient donc beaucoup de place et, si on ne réduisait pas par trop la course des pistons, il fallait une hauteur assez considérable pour l'arbre des roues. Ainsi, dans la *Prinses-Marie*, les machines compound oscillantes de 3 500 *ch* occupent 9 *m* de longueur; l'arbre des roues est à 5,50 *m* au-dessus du fond de la coque; l'emplacement occupé en largeur est tel que le coude du tuyau d'échappement au condenseur arrive à 0,15 *m* du bordé extérieur; cet emplacement représente 2,33 fois la somme des diamètres des cylindres, alors que sur la *Marie-Henriette*, qui a des cylindres fixes, la largeur de la machine ne dépasse pas 1,20 fois la somme des diamètres; enfin, dans la position verticale, le point le plus bas du cylindre arrive à 0,20 *m* du fond de la coque. Les axes des deux cylindres sont écartés de 4,30 *m* dans le sens transversal.

Les tourillons sur lesquels oscillent les cylindres prennent beaucoup de place; ils doivent avoir des dimensions énormes puisqu'il n'y en a qu'un qui sert à l'évacuation de toute la vapeur qui a travaillé dans la machine. Les tourillons du grand cylindre de la *Prinses-Marie* ont 1,04 *m* de diamètre extérieur et 0,38 *m* de longueur.

Des machines verticales à clocher, comme celles du *Violet*, occupent toute la largeur du bateau, 7,90 *m* de longueur et une hauteur énorme; l'arbre des roues est à 5,80 *m* au-dessus du fond de la coque; un tel système serait difficilement applicable à un bateau à faible tirant d'eau. La machine s'élève à une hauteur excessive au-dessus du pont, et la circulation sur celui-ci est très gênée; il est vrai que la machine comporte trois cylindres.

La disposition la plus rationnelle est celle des cylindres inclinés, soit à cylindres superposés, soit à cylindres accolés ; elle se prête, sous cette dernière forme, à la triple expansion comme à la double, et s'accommode d'un faible creux. La longueur occupée est de 12 *m* dans la *Marie-Henriette*, de 10,50 *m* dans la *Marguerite*, de 9 *m* dans le *Saint-Tudno*, de 4000 *ch* ; la largeur est modérée, même avec les cylindres accolés, et elle est encore réduite si on les superpose. La hauteur de l'arbre des roues au-dessus du fond de la coque est respectivement, pour ces bateaux, de 4,30 *m*, 4,80 *m*, et 4,50 *m*. La possibilité de réduire la hauteur de l'arbre est extrêmement précieuse, parce qu'elle permet de faire des roues plus petites et de leur donner une grande vitesse de rotation. Cette vitesse atteint et dépasse cinquante tours, alors qu'autrefois le nombre de tours de machines de grande puissance était compris entre douze et quinze par minute. Aussi le système incliné est-il, on peut dire, le seul employé actuellement.

La machine à cylindres oscillants et fixes accouplés du *Queen-of-the-North* occupe beaucoup de longueur, 8,20 *m* pour 2500 *ch* seulement, avec 4 *m* de hauteur d'arbre ; elle est, de plus, assez compliquée, chaque machine présentant deux séries de pièces et d'organes entièrement différents.

Il y a d'ailleurs toujours la question des tourillons des cylindres oscillants, dont le constructeur anglais a, à tort selon nous, aggravé l'importance en faisant de ces cylindres les cylindres à basse pression, alors que le rôle de cylindres à haute pression, comportant des passages moins volumineux, leur convenait mieux.

Dans un mémoire présenté en 1891 à l'*Institution of Mechanical Engineers*, M. A. Blechynden indiquait une disposition de machine à triple expansion, pour bateaux à roues, due à M. Rogers, et qui avait eu, disait-il, un grand succès. Les cylindres oscillants et inclinés à 45° de chaque côté de l'arbre actionnaient le même bouton de manivelle, comme dans les anciennes machines de Cavé ; d'un côté était le cylindre à basse pression, de l'autre le cylindre à haute pression et le cylindre intermédiaire venus ensemble de fonte. Le condenseur à surface était placé sous l'arbre. Cette forme de machine serait évidemment très compacte et tiendrait relativement peu de place, mais il y a toujours la question des dimensions des tourillons qui rend l'emploi des cylindres oscillants difficile pour les très grosses machines ; du reste, nous n'avons jamais vu mentionner nulle part ce genre d'appareil, en dehors du mémoire précité, lequel ne donne aucune indication sur les applications qui auraient été faites de ce système.

Les roues sont toujours le propulseur favori sur les lacs d'Europe ; il n'y a là aucune objection à leur emploi. On a appliqué dans plusieurs cas la triple expansion aux machines qui les actionnent. Ainsi, le *Major-Davel*, sur le lac de Genève, de 50 *m* de longueur sur 5,50 *m* de large, tirant 1,45 *m* d'eau, est mû par une machine à triple expansion de la maison Escher, Wyss et Cie, de Zurich, qui, avec de la vapeur à 11,5 *kg*, développe 550 *ch* indiqués, la consommation ne dépassant pas 0,75 *kg* de charbon par cheval et par heure.

Sur le lac de Constance, le bateau wurtembergeois *Königin-Charlotte*,

e 51 *m* de longueur sur 6 *m* de largeur, tirant 1,34 *m* d'eau, possède ne machine à triple expansion développant 580 *ch* à cinquante-cinq ours de roues. Les cylindres, au nombre de trois, ont respectivement),46 *m*, 0,72 *m* et 1,10 *m* de diamètre, avec 1,05 *m* de course ; les manivelles sont à 120° les unes des autres. La pression est de 11 *kg*.

Nous avons à nous excuser d'avoir donné tant de développement à cette étude, mais la question le comportait et, le travail une fois commencé, nous avons été entraîné plus loin que nous le pensions au début. En tout cas, il ne nous paraît pas inutile d'avoir résumé les progrès accomplis depuis quatre-vingts ans dans la traversée du détroit et montré la différence qui sépare les paquebots de 6 000 *ch* et plus, marchant à plus de 20 nœuds, du *Rob-Roy*, de 90 *tx* et 30 *ch*, donnant 7 nœuds, construit en 1818 par William Denny, le fondateur de la grande maison que nous avons souvent citée. Le *Rob-Roy*, après avoir fait pendant deux ans le service entre la Clyde et Belfast, fut mis ensuite sur la ligne de Douvres à Calais, sous le nom de *Henri-IV*, et inaugura les communications par la vapeur entre la France et l'Angleterre. Il fut suivi à peu de distance par le *Duc-de-Bordeaux*, bateau français muni d'une machine à basse pression, de 50 *ch*, construite par Aitken et Steel, à Paris.

Ascenseurs pour bateaux en Allemagne. — La question des ascenseurs pour bateaux a été traitée à plusieurs reprises devant notre Société. Elle a fait, en 1883, l'objet d'importantes communications de nos Collègues, MM. Seyrig, Badois, etc., et, plus tard, nous avons eu l'occasion de faire connaître le plan incliné établi à Beauval, près Meaux pour le même objet.

Le *Journal de l'Association des Ingénieurs allemands* a publié, au commencement de cette année (numéros des 18 janvier et 15 février 1896), un remarquable mémoire de M. B. Gerdau, de Dusseldorf, sur l'ascenseur en construction à Henrichenburg sur le canal de Dortmund à l'Ems.

L'auteur, après avoir discuté les raisons qui ont fait substituer, dans certains cas, les ascenseurs aux écluses classiques, passe en revue les applications faites de ces ascenseurs établis verticalement ou sous une inclinaison plus ou moins grande, savoir : les plans inclinés de l'Oberland prussien, les plans inclinés du canal Morris, ceux d'Ecosse, ceux de Georgetown et de Potomac, le plan incliné de Beauval, les ascenseurs verticaux du canal du Great Western, d'Anderton, des Fontinettes, de La Louvière, le chemin de fer à navires de Chignecto et divers projets proposés mais non exécutés.

Après ces préambules vient la description de l'ascenseur en construction.

Sur le canal qui joint Emden aux bassins houillers de Westphalie, s'embranche à Henrichenburg un canal secondaire qui se trouve à une différence de niveau de 16 *m* avec le canal principal. C'est cette différence de niveau que l'ascenseur dont nous nous occupons est destiné à franchir. L'appareil se compose d'un bac mobile recevant le bateau et soulevé, non au moyen de presses hydrauliques qui présentent des difficultés de construction et de manœuvre bien connues, mais par des

flotteurs qui se déplacent dans des puits. Un système de vis ver contrôle l'élévation du bac et fait qu'elle a lieu horizontalement plus, sert de frein en cas d'accident en même temps qu'il mod descente.

Le bac dans lequel entrent les bateaux à transborder d'un ni l'autre a 73 *m* de longueur sur 8,60 *m* de largeur et 2,50 *m* de p deur. Le cube d'eau représente 1 600 *t* qui, avec les 1 400 *t* de la structure métallique, font un poids maximum de 3 000 *t* que le teurs ont à soulever.

Les travaux ont été entrepris par MM. Haniel et Lueg, de Duss et ont été commencés au milieu de 1894.

Il y a cinq puits destinés à recevoir autant de flotteurs; ces pui 9,20 *m* de diamètre et 22 *m* de profondeur, leurs axes sont à 14,2 distance. On a fait simultanément le fonçage de tous ces puits po ter de déranger le terrain; ils ont été cuvelés en fonte, le cuvelage formé d'anneaux de 1,50 *m* de hauteur en 16 segments boulonné des feuilles de plomb dans les joints. Le fond du puits est en avec une forme en segment de sphère et est muni d'un orifice de 0 de diamètre auquel est fixé un tube en fer qui relie tous les ensemble pour y assurer l'égalité du niveau d'eau. Le fonçage achevé en février 1895 après sept mois de travail, ce qui don avancement moyen de 16 *m* par mois; le cube total excavé a 11 500 m^3.

Les flotteurs, au nombre de cinq, comme les puits, ont 8 *m* d mètre et 10,25 *m* de hauteur pour la partie cylindrique, ce qui une hauteur totale de 13 *m*, y compris les fonds bombés; ils sont truits en tôle d'acier doux de 18 à 20 *mm* d'épaisseur et raidis int ment par douze montants verticaux et des ceintures horizontales laires. Ces flotteurs doivent résister à une pression de dehors en d égale à 10 *m* de hauteur d'eau et on a dû faire des expériences spé pour la résistance, préalablement à leur construction.

Le bac est en tôle de 10 à 12 *mm* d'épaisseur pour les parois verti le fond est composé de plaques bombées de 15 *mm* d'épaisseur.

Ce bac repose sur de nombreuses traverses rattachées à deux poutres en treillis longitudinales qui l'embrassent de chaque côté liaisons entre ce bac et l'espèce de pont qui le porte sont élasti de manière que la dilatation puisse s'exercer librement, le bac d'eau variant moins de température que la charpente qui lui s support. L'ensemble de celle-ci est relié aux flotteurs par des p métalliques en forme de pyramides.

Le bac est fermé à ses deux extrémités par des portes métal pouvant se mouvoir verticalement avec des galets pour réduire l tement. Des portes semblables ferment les extrémités des canaux rieur et supérieur et des garnitures en forme de coin rendent ces tures étanches. Entre la porte du bac et celle du canal est inte une couche d'eau. Une fois le niveau établi dans les parties corre dantes, les deux portes adjacentes sont levées simultanément.

Nous avons parlé de guides à vis pour régler le mouvement de tée et de descente qui ne doit pas être subordonné à l'égalité du

dans les puits. Ces vis sont au nombre de quatre; elles sont en)ux à 48 *kg* de résistance à la rupture par centimètre carré et e limite d'élasticité. Chacune peut porter 600 *t* et travaille à La longueur totale est de 24,60 *m* et le diamètre extérieur *m* avec un trou intérieur de 0,10 *m* sur toute la longueur. La iletée a 17,50 *m* de longueur et porte un double filet de 35 *mm* ndeur sur 1 à 8 d'inclinaison. Les écrous ont 1,50 *m* de hauteur, en deux parties et contenus dans une caisse en tôle d'acier.

is sont fixées à la partie inférieure sur des crapaudines disposées s puits et sont, à la partie supérieure, reliées à un piston de presse lique qui les maintient toujours en tension; ces pistons sont par un accumulateur. Comme les vis, à cause de leur très grande ır, seraient sujettes à flamber, elles sont maintenues chacune par guides à glissières qui sont écartés au passage du bac par un nent automatique, comme cela a lieu dans les ponts roulants à vre à vis; il y a toujours au moins trois guides en prise. Le haut porte des roues d'angle engrenant avec des roues pareilles par des arbres horizontaux qui donnent aux vis un mouvement qui assure le déplacement parallèle du bac. On peut actionner es par un moteur électrique de 60 à 80 *ch* et faire monter ou desle bac à vide sans le secours des flotteurs. Avec 60 tours de vis nute, le bac se déplace de 6,10 *m*; il suffit donc de 2 1/2 minutes , pour le parcours total de 16 *m*. La manœuvre entière d'un bae l'entrée de celui-ci à l'entrée du suivant, ne demande que utes.

faire descendre le bac à vide et surmonter le frottement des il faut une force de 30 tonnes en plus du poids du bac, ce qui nte une hauteur d'eau de 50 *mm* environ.

la manœuvre des portes, il y a un moteur électrique de 100 *ch*. teurs sont actionnés par une station centrale contenant une ma- vapeur de 200 *ch* avec trois chaudières à eau dans les tubes; achine actionne également les pompes qui remplissent ou vident s où se meuvent les flotteurs.

ompte que ces installations seront entièrement terminées à la cette année; leur coût total a été estimé à 3 millions de francs en rond.

istance des tire-fonds à l'arrachement. — L'*American ist* contient des résultats intéressants d'expériences sur la résisl'arrachement des tire-fonds vissés dans du bois.

trous ont été percés avec une tarière ordinaire de charpentier es pièces de bois d'essences diverses de 20 *cm* de côté et les nds ont été vissés à la manière ordinaire, puis on a tiré la tête arrachement du bois, au moyen d'une machine à essayer l.

opéré sur des vis de divers diamètres et vissées dans des trous ent de diamètres différents, pour observer la variation de tenue e diamètre des trous. Les résultats sont donnés dans le tableau ous :

Diamètre extérieur.	Diamètre des trous.	Longueur de filet engagé dans le bois.	Nature du bois.	Effort pour arracher le tire-fond.
21 *mm*	15 *mm*	0,076 *m*	Sapin.	2 670 *kg*
21	16,5	0,076	—	2 670
21	18	0,076	—	2 720
21	18	0,125	—	4 070
21	18	0,125	Châtaignier.	4 300
18	15	0,112	Sapin.	3 170
18	15	0,112	Pitchpin.	3 760
15	12,5	0,100	Sapin.	2 720
12,5	9	0,087	—	1 580
9	7,5	0,050	—	860
6	4,8	0,025	—	320

Ces chiffres paraissent indiquer qu'il n'y a pas d'avantage à emplo des tarières trop petites pour percer les trous destinés à recevoir les ti fonds. Ainsi, le tire-fond de 21 *mm* de diamètre a demandé autant d fort pour être arraché d'un trou percé à 18 *mm* que d'un trou perc 15, bien que, avec ce dernier, il soit beaucoup plus difficile de le viss On peut expliquer cet effet en coupant la pièce de bois et en examin l'aspect autour du filet. On constate qu'avec un trou trop petit, les fib du bois sont mâchées et détruites autour du filet, tandis qu'avec trou convenablement proportionné, le filet est formé dans le bois d' manière nette comme dans un écrou.

Lorsqu'on visse dans le bois un tire-fond de 21 *mm* avec un trou 18 *mm* avec tous les filets en prise, soit sur une longueur de 125 il faut un effort de 4 080 *kg* pour l'arracher. On peut pratiquement fa résister ce tire-fond à un effort de 1 000 *kg*, parce que la vis elle-mê à une résistance supérieure avec une très grande marge de sécur Une vis de 21 *mm* à l'extérieur du filet a encore à l'intérieur de cel ci une section de 2,4 cm^2, ce qui, avec une résistance par millim carré de 21 *kg*, donne une résistance totale de 5 000 *kg*. On a donc c fois la résistance nécessaire.

Suppression du bruit causé par les ponts métalliqu — Le chemin de fer de Berlin à Postdam franchit plusieurs rues im tantes de Berlin, au moyen de ponts métalliques. Ce sont des pont poutres pleines en tôle avec des poutrelles transversales disposées à cartement ordinaire des traverses et sur lesquels les rails à patin re sent par l'entremise de selles. Le plancher est formé de tôles ondul placées entre les poutrelles.

Au passage des trains, ces ponts faisaient un bruit si insupport que le public s'est plaint et qu'on a dû rechercher les moyens de f disparaître cette cause de gêne et de désagrément.

M. Bœdecker, qui a été chargé de ce travail, a communiqué à l'A ciation pour l'étude des questions concernant les chemins de fer, résultats qu'il a obtenus.

On a d'abord remplacé les tôles ondulées par un plancher composé de deux épaisseurs de bois séparées par une couche de feutre. Le bruit n'a pas disparu, bien qu'il ait diminué, mais l'eau s'est infiltrée dans le plancher. On a ensuite posé les rails sur des semelles de bois avec interposition de feutre; le résultat n'a pas encore été satisfaisant.

Enfin on a disposé un plancher en bois de 30 *mm* d'épaisseur entre les poutrelles, ce plancher a été posé sur des longrines de 75 *mm* d'équarrissage, reposant sur la semelle inférieure de ces poutrelles. Sur ce plancher on a disposé une double couche de feutre fixée aux âmes des poutrelles par un couvre-joint en bois boulonné à la semelle inférieure. Une couche de gravier de 10 *cm* d'épaisseur a été répandue sur le plancher; on avait eu la précaution de disposer celui-ci avec une double pente vers l'axe du pont et des petits tuyaux traversaient le bois et le feutre pour amener l'eau à des gouttières placées en dessous, avec interposition d'une petite grille pour que le gravier ne passât pas avec l'eau.

Une couche de feutre était également interposée entre le plancher et les longrines sur lesquelles il repose. Le poids de ce plancher ressort à 300 *kg* par mètre courant de pont, celui-ci étant à simple voie avec 3,35 *m* de largeur. Le résultat obtenu sur le premier pont a été si satisfaisant que la modification de tous les autres ponts a été faite immédiatement.

Installation pour les essais avec des modèles de navires. — On fait maintenant dans les grands arsenaux des expériences méthodiques avec des modèles de navires pour en déduire des éléments utiles pour la connaissance de la résistance de ces navires. On fait en ce moment, à l'arsenal de Washington, une installation grandiose de ce genre. Elle se compose d'un bassin de 91,50 *m* de longueur sur 12,20 *m* de largeur et 3,66 *m* de profondeur. Sur chaque côté, est disposée une voie formée de rails sur lesquels roule un chariot commandé par un moteur électrique. Ce chariot remorque le modèle de navire et des appareils sont installés pour mesurer, avec toute la précision nécessaire, l'effort de traction, le temps, l'espace parcouru, etc.

Les modèles ont de 3,05 à 9,15 *m* de longueur; ils sont faits en paraffine. Cette matière à l'avantage d'être imperméable à l'eau, de sorte que le poids du modèle ne varie pas; de plus il est facile de construire les modèles et d'en modifier la forme si les essais en font reconnaitre la nécessité, enfin la paraffine peut être refondue et employée à la fabrication d'autres modèles.

Transmissions à vis sans fin. — L'emploi des vis sans fin dans les transmissions a, malgré l'avantage qu'il présente de donner un rapport considérable entre le nombre de tours des organes en relation, toujours été considéré comme entrainant des pertes de travail relativement importantes, ce qui en a rendu l'application assez restreinte. Or, ces pertes de travail tiennent moins au mode de transmission lui-même qu'aux conditions dans lesquelles il est employé.

M. A. Reckenzaum avait, il y a déjà plusieurs années fait des essais avec une vis à trois filets en fer engrenant avec une roue en bronze

phosphoreux, baignée dans l'huile; en transmettant 15 *ch*, il avait eu un rendement de 87 1/2 0/0; le rapport des vitesses était de 1 à 8.

Le professeur Stodola, de l'École Polytechnique de Zürich, a repris, il y a peu de temps, l'étude de cette question. Une vis de 80 *mm* de diamètre, et 82 de pas, en acier, engrenant avec une roue de 28 dents et de 0,37 *m* de diamètre, en bronze trempant dans un bain d'huile. a donné, au frein dynamométrique, un rendement variable avec la vitesse et atteignant au maximum 87 0/0, en transmettant un travail de 21 *ch*, à la vitesse de 1 500 tours par minute.

M. Émile Kolber, en traitant cette question dans l'*Elektroteknische Zeitschrift*, est d'avis qu'on peut obtenir des résultats encore supérieurs, en employant certaines précautions qu'il formule comme suit :

1° Augmenter considérablement la vitesse pour réduire les pressions entre le filet de la vis et les dents de la roue; ne pas craindre de porter ces vitesses à un taux allant de 6 à 12 *m* par seconde. Des dynamos faisant de 1 600 à 800 tours par minute pourront être attelées à des outils, ou essieux de wagons faisant de 150 à 40 tours dans le même temps, avec une réduction de vitesse dans le rapport de 1 à 10 à 20;

2° Les pièces doivent être établies avec le plus grand soin, taillées à la machine, avec les surfaces de contact polies et trempées, les roues ayant des couronnes en bronze phosphoreux montées sur des bras et moyeux en fer, le tout trempant dans un bain d'huile;

3° Les collets de l'arbre de la vis devront porter sur des billes pour réduire le frottement au minimum.

Les ateliers d'Œrlikon ont fait tout récemment des applications intéressantes de ce mode de transmission établi dans ces conditions à des appareils de levage, machines-outils, etc. Il y a là une question intéressante pour l'application de l'électricité.

COMPTES RENDUS

D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Juin 1896.

rts sur les comptes de l'exercice 1895.

de M. E. Mayer sur **les paniers démontables** de
ɔ.

nploie pour le transport des emballages qui doivent servir fré-
et reviennent à vide; il y a intérêt, pour ce retour, à réduire
de ces emballages. Le panier articulé et démontable de
l parait, après expérience, être une solution satisfaisante de
ie. Lorsqu'il est vide, les faces se replient les unes sur les
ɔrment ainsi un colis plat, régulier et d'un arrimage facile.

de M. Violle sur **la lampe à gaz l' « héliogène »**, de
re.

npe réunit deux principes qui ont fait considérablement pro-
clairage au gaz, l'incandescence et la récupération; de plus,
une répartition convenable de l'éclairement pour un foyer
acé nécessairement à une certaine hauteur, en envoyant
ent vers le bas les deux tiers environ de la lumière émise.

de M. Rouart sur un **appareil de chauffage** de M. Ch.

ıreil est fondé sur le principe de l'emploi de la vapeur à
ion. Celle-ci est formée dans un générateur que l'inventeur
ɔorigène; ce générateur comprend deux vases communicants,
teur et la bâche d'alimentation. L'échange d'eau qui se pro-
les deux récipients, par suite de la grande différence de sec-
eux, amène une dénivellation qui peut varier de 0,50 *m* à
rant les types d'appareils, cette dénivellation est, d'ailleurs,
ıar un tube de sûreté. L'intensité du feu est réglée par un
ır lequel agit un régulateur à balance hydrostatique, de telle
ıe si la pression s'élève au-dessus d'une certaine limite, le
ouve diminué ou arrêté.
ırateurs sont de différentes formes, horizontaux ou verticaux,
s cas; ils vaporisent de 9 à 10 *kg* d'eau par kilogramme de

ıateur peut être joint à un appareil dit auto-élévateur qui per-
ıener l'eau condensée dans les radiateurs lorsqu'on est obligé
e vaporigène au même niveau que ceux-ci. Cet auto-élévateur

est disposé d'une manière très ingénieuse avec un clapet et un pet foyer chauffé au gaz, par exemple. Le clapet permet à l'eau de retou de pénétrer dans une capacité close chauffée par ce foyer. La légèr pression qu'acquiert la vapeur refoule l'eau dans la bâche d'alimen tation. Quand le niveau s'est suffisamment abaissé, la vapeur s'échapp et la pression se trouvant supprimée, une nouvelle quantité d'eau peu pénétrer dans le récipient et ainsi de suite. C'est une sorte de bouteill alimentaire automatique.

Les radiateurs, à cause de la très faible pression à laquelle ils son soumis, peuvent être d'une construction simple et économique; ils son en tôle ondulée et galvanisée. On peut obtenir une condensation d 1,5 *kg* de vapeur par heure et par mètre carré de surface.

Malgré la grande sécurité de fonctionnement de ces appareils et pa surcroit de précautions, l'inventeur a cru devoir y adjoindre un avertisseur électrique de manque d'eau.

Ce système de chauffage s'applique facilement aux voitures de chemins de fer pour remplacer les thermo-siphons qui sont très lourds, et ont l'inconvénient d'être fréquemment mis hors de service par les grands froids. Le matériel, pour une voiture de tramways de 50 places, pèse environ 85 *kg*, eau non comprise.

Rapport de M. le général SEBERT, sur **les appareils chronométriques** de M. le capitaine THOUVENIN.

Ces appareils sont des chronomètres avec poussoir permettant d'arrêter et de remettre en marche et au zéro l'aiguille trotteuse, et disposés pour diverses applications, par exemple pour mesurer une distance par le temps que met un bruit à parvenir à l'observateur, pour mesurer les vitesses de translation, pour les chemins de fer, etc.

Rapport de M. Aimé GIRARD sur **le contrôle des distilleries agricoles**, par M. SIDERSKI.

Rapport de M. DE LUYNES sur **le traité des matières colorantes**, de M. LEFÈVRE.

Rapport de M. SCHUTZEMBERGER sur l'**Ozoniseur**, de M. G. SEGUY.

Cet appareil se compose de tubes en verre communicants de façon à former un tube en S traversé par l'air ou l'oxygène. Ils contiennent des spirales de fil d'aluminium parcourues par un courant électrique fourni par une bobine. Avec un courant de 8 ampères à une tension de 6 volts, avec un débit gazeux de 15 *l* par heure, on obtient, avec de l'air, 170 *mg* d'ozone à l'heure et, avec de l'oxygène 250 *mg*.

Rapport de M. ROSSIGNEUX sur **le Logomètre**, de M. SOLLIER.

Cet appareil basé sur le principe du rapport constant entre les diverses mesures prises dans l'ouverture d'un angle et leur distance au sommet a pour but la mise au point proportionnelle des œuvres de sculpture; il peut servir également à la reproduction de ces objets.

·t de M. Ed. SIMON sur **les produits d'amiante** fabriqués HAMELLE et CHEDVILLE, à Saint-Pierre-les-Elbeuf.

nte a reçu, depuis quelques années, beaucoup d'applications; mencé par les joints et stuffing boxes des machines. Fondée en ement, la fabrique de MM. Hamelle et Chedville a déjà fourni .ne de l'État 45 000 *kg* de tresses d'amiante pour garnitures et 0 000 m^2 de matelas calorifuges pour enveloppes de tuyaux de Elle produit aussi du linge d'amiante entre autres des bandes ıent qu'il suffit de passer au fer pour en assurer l'antiseptie, des ır tentures dans les théâtres, etc., des cartons d'amiante, etc.

;ur **le Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne.** n des sciences économiques et sociales, par M. Ed. SIMON.

.raison sommaire entre **les théories dualistique et ato- de la chimie** au point de vue de l'interprétation des phéno- de leur expression pratique, par M. Émile FLEURENT.

t que la théorie dualistique ou théorie des équivalents due à r et à Berzélius a été, dans ces dernières années, remplacée par .e atomique qui a aujourd'hui pénétré dans l'enseignement

de ce travail est d'étudier comparativement ces deux théories, ;age et les procédés graphiques par lesquels l'une et l'autre re- ıt les mêmes phénomènes.

ur commence par rappeler brièvement les lois fondamentales ınce chimique; il montre ensuite le mode d'interprétation de n théorie dualistique et unitaire et termine par l'étude des ap- s spéciales de la méthode atomistique dans la classification des ɜs organiques.

e de mécanique générale, par M. G. RICHARD. Moteurs à ɔétrole.

uve décrits dans cette revue les moteurs Atkinson, Cuinat, divers détails de construction des moteurs à gaz, tels qu'allu- ıise en train, changement de marche, distribution, régula- :., et quelques applications de ces moteurs, par exemple les s d'eau, l'épuisement des formes sèches, etc.

achinerie des aciéries modernes, par M. J. RILEY (Ex- publications de l'*Institution of Mechanical Engineers*).

ıote donne des renseignements intéressants sur diverses ma- nployées dans les aciéries, machines motrices auxquelles on a les perfectionnements de ces machines en général, expansion et condensation, laminoirs dégrossisseurs, cisailles hydrau- à vapeur, laminoirs à tôles, cisailles pour tôles, etc.

s à molettes, de RICHARDS.

es outils, les tranchants sont formés par des molettes ou ron- ɔupées de façon convenable et qu'il suffit de tourner un peu à

mesure que le tranchant s'émousse pour amener en fonctionnement u partie nouvelle.

Calorimètre pour vapeur, de CARPENTER *(American Society Mechanical Engineers)*.

Cet appareil est destiné à faire connaître le degré d'humidité de la v peur. Il est basé sur le principe de la précipitation mécanique de l'e entrainée par la circulation de la vapeur à travers des obstacles. L'e est recueillie dans un tube gradué. Une enveloppe de vapeur prévie la condensation par refroidissement.

Le métier Northrop, par M. ED. SIMON.

C'est un métier à tisser d'origine américaine dans lequel l'alimenta tion se fait d'une manière continue. Dans la même navette, la cannett est instantanément remplacée par une navette pleine sans ralentissemen de vitesse; la trame nouvelle est simultanément enfilée à travers l'œi de la navette et le duitage du tissu se poursuit aussi longtemps que l métier est approvisionné. Le rôle de l'ouvrier se borne à assurer cett alimentation.

Balayeuse pneumatique de FARNAS. (Extrait de l'*Engineering News*.)

Dans cet appareil, un ventilateur, mu par un petit moteur à gaz aspire les poussières de la rue et les décharge dans une chambre qu'on vide plus tard par le fond. La machine pèse, à vide, 2 950 *kg* et 3 850 *kg* avec le bac plein de poussières. Elle peut, avec trois chevaux et deux hommes, balayer 11 *ha* par jour; elle a, par contre, l'inconvénient de ne pouvoir fonctionner lorsque les rues sont mouillées.

ANNALES DES MINES

5e livraison de 1896.

Les trappes d'expansion de vapeur des fourneaux de chaudières, par M. C. WALCKENAER, Ingénieur des mines, secrétaire de l Commission centrale des machines à vapeur.

Une mesure de sécurité très importante dans l'emploi des chaudières petits éléments consiste à assurer, en cas de rupture d'un tube bouilleu au flux de vapeur une issue facile et inoffensive.

Deux dispositifs de ce genre ont été mis en service et ont bien fonctionn MM. Delaunay-Belleville et Cie placent leurs trappes d'expansion à partie supérieure des fourneaux; il y en a deux par chaudière, la surfa est de 97 × 30 = 2 910 *cm²* pour chacune et le poids de 9,5 *kg*; le joi est fait avec du sable. Une rupture de tubes s'étant produite sur d chaudières munies de ce dispositif, les trappes d'expansion livrère passage à la vapeur et ni les portes de la boite à tubes, ni celles du foy ne s'ouvrirent.

Un second dispositif est celui qui a été adopté par la Compagnie continentale Edison ; la trappe constituée par un couvercle à charnière de 0,85 *m* × 0,20 *m* conduit la vapeur provenant de la rupture des tubes, non plus dans la chaufferie, mais dans le conduit de fumée, ce qui est plus commode et plus sûr.

L'installation de ces trappes, pour assurer une sécurité complète, doit d'ailleurs être accompagnée d'autres précautions, telles que la consolidation des façades de chaudières, de bons systèmes de fermeture des portes de boites à tubes, et d'ouverture de chargement des foyers. Pour celle-ci, on doit conseiller les portes s'ouvrant vers l'intérieur. Il est également prudent de munir les cendriers de portes oscillantes disposées de manière à se fermer en cas de production d'un courant allant de l'intérieur vers l'extérieur.

Recherches expérimentales sur l'échauffement de l'air parcourant un tuyau maintenu extérieurement à une température déterminée, par M. Carcanagues, Ingénieur des mines, Ingénieur principal de la traction de la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M.

Le but de ces recherches est d'étudier la possibilité d'appliquer la condensation de la vapeur aux locomotives, l'air étant employé comme agent réfrigérant.

Les expériences ont été faites au moyen d'un appareil disposé de manière à permettre de constater l'échauffement d'air parcourant un faisceau tubulaire plongé dans de l'éau portée à diverses températures variant de 5 en 5 degrés et pour différentes longueurs de tubes.

Les résultats obtenus sont consignés dans des tableaux.

L'auteur fait ensuite l'application de ces résultats à l'étude d'un condenseur à air pour locomotive. Partant d'un poids de 7 000 *kg* de vapeur à condenser par heure à 65° correspondant à 3/4 d'atmosphère, il trouve que, le condenseur étant supposé formé de tubes de 1,50 *m*, longueur trouvée la plus avantageuse, il faudrait donner aux tubes une surface tubulaire variant de 28,77 à 70 m^2, selon que le diamètre des tubes varierait de 0,02 à 0,10 *m*.

Un condenseur disposé verticalement exigerait l'emplacement de deux fourgons pour être logé dans le cas d'un condenseur de 32 m^2 de surface formé de tubes de 0,04 *m* de diamètre ; le poids serait de 19 *t* environ et pour faire passer par heure 276 *kg* d'air par seconde, il faudrait un travail de 77 *ch*.

Le mémoire conclut que l'application d'un condenseur à air aux locomotives se traduirait par une perte de puissance de 12 à 15 0/0. Elle aurait, de plus, pour conséquence de comporter l'adjonction : 1° d'un appareil tubulaire d'un volume énorme, pesant de 30 à 35 *t* avec les châssis et roues ; 2° d'un appareil soufflant très lourd et très encombrant. Il n'y a donc rien à chercher dans cette voie. Nous croyons qu'il serait intéressant de pousser les recherches dans une voie parallèle en examinant quelles modifications dans les résultats amènerait l'emploi combiné avec celui de l'air d'eau en petite quantité projetée sur les tubes pour enlever plus rapidement le calorique.

L'usage fort peu répandu jusqu'ici des rigoles d'alimentation pendant

la marche apporterait peut-être une grande facilité pour une solutioı de ce genre.

Bulletin des travaux de chimie exécutés, en 1894, par le Ingénieurs des mines dans les laboratoires départementaux.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE JUIN 1896.

Note sur **l'installation d'une station centrale d'énergie électrique** pour la commande de la nouvelle fonderie de la Société alsacienne de constructions mécaniques, par M. Alfred G. DE GLEHN.

Cette station centrale a pour objet de fournir la force et l'éclairage à la fonderie; celle-ci à 5 130 m^2 de superficie et comprend deux cubilots dont chacun peut donner de 5 à 6 000 *kg* de fonte à l'heure, et six grues roulantes dont 2 de 20 *t* et 4 de 10 *t*, plus des petites grues à main ou hydrauliques. L'ensemble occupe 250 ouvriers et produit, par mois, 250 000 *kg* de pièces moulées.

On a été amené à adopter pour la transmission de force le courant polyphasé dont les avantages sont :

1° L'absence de collecteurs et de balais,
2° — de rhéostats pour les moteurs de force moyenne,
3° — de l'appareil automatique,
4° La possibilité d'agir brutalement sur la mise en marche et sur le renversement, sans danger pour les moteurs.

On a donc admis le courant polyphasé pour la force et le courant continu pour la lumière.

La station centrale contient donc deux ensembles électrogènes; le premier se compose d'une machine à triple expansion de 150 *ch* tournant à 235 tours et actionnant une dynamo à courant continu de 250 volts et 400 ampères, qui alimente 120 lampes à arc et 400 lampes à incandescence, et charge une batterie d'accumulateurs.

Le deuxième ensemble comporte une machine semblable à la première, mais marchant à 210 tours, laquelle conduit une dynamo à courant triphasé donnant 190 volts et 400 ampères. Cet ensemble actionne 25 moteurs répartis en 6 ponts roulants, 1 grue sur lory, 2 ventilateurs 1 ascenseur, 1 perceuse, etc. Toute cette installation fonctionne avec plein succès et la même station centrale va être appelée à fournir la force à un nouvel atelier avec rez-de-chaussée et deux étages d'un superficie totale de 6 000 m^2.

Note sur **les tramways électriques à courants alternatifs** Installation de Lugano, à courant triphasés, par M. C. E. L. BROWN.

Les principaux avantages des courants alternatifs pour les tramways

sont : de permettre de desservir des réseaux très étendus, avec des pertes insignifiantes et des conduites peu coûteuses; le courant alternatif pouvant être facilement transformé et les transformateurs ne nécessitant aucune surveillance, on peut produire à la station un courant de haute tension qui est distribué aux différents points du réseau, où des transformateurs en réduisent la tension à la valeur qui convient le mieux aux conditions locales. Le seul inconvénient qui est d'exiger au minimum deux fils est peu grave; car les supports, consoles et attaches dans les rues sont les mêmes pour supporter un fil ou deux, ou plus.

Le courant alternatif se prête mieux à l'utilisation, pour la traction des tramways, des chutes d'eau situées à des distances considérables; quant aux moteurs, ils s'accommodent mieux aussi du courant alternatif qui permet la suppression des collecteurs et donne une plus grande sécurité de fonctionnement.

Le mémoire décrit l'installation des tramways de Lugano faite par la maison Brown, Boveri et C[ie], de Baden.

La force motrice est prise à Maroggia, à 12 *km* de Lugano, où une turbine de 300 *ch* à haute chute actionne directement une génératrice à courants triphasés tournant à 600 tours avec une fréquence de 4 800 par minute et une tension de 5 000 volts. La conduite pour Lugano se compose de trois fils de cuivre de 5 *mm*, une station de transformateurs réduit la tension à 500 volts.

La ligne de tramways a 4 900 *m* de longueur et présente des inclinaisons de 30 0/00. Il y a deux fils aériens de 6 *mm*. Le retour se fait par les rails dont les éclisses sont doublées de bandes de cuivre. Les voitures à vingt-quatre places, au nombre de quatre pour le moment, portent un moteur de 20 *ch* actionnant un des essieux par engrenage, rapport 4 à 1. Le moteur est complètement renfermé dans une boîte en fonte pour le préserver de la poussière et de l'humidité.

L'installation fonctionne depuis décembre 1895 avec un succès complet. La seule modification qu'il ait été nécessaire de faire, a été l'emploi de fils de retour isolés pour empêcher la perturbation dans les fils téléphoniques qu'amenait le retour par les rails.

Il est intéressant de mentionner que, sur la rampe maximum de 60 0/00, on peut démarrer sans difficulté avec une voiture chargée.

Note sur un **nouveau fuseau en aluminium** pour navettes de tissage, par M. V. Schlumberger.

On emploie le laiton pour la construction des fuseaux de navettes; celles-ci fonctionnant quelquefois à la vitesse de 200 courses par minute, les vibrations qui résultent de cette rapidité de mouvement amènent des ruptures fréquentes des fuseaux. La substitution de l'aluminium au laiton paraît devoir donner de bons résultats.

Note sur **le sondage de Paruschowitz** (Haute-Silésie), par M. Ch. Zundel.

Nous avons traité cette question dans la chronique de février dernier, page 274.

Les institutions patronales des filatures et tissu d'Arlen, par M. Ch. Ten Brink.

Les établissements bien connus de Ten Brink, à Arlen (Grand-D de Bade), occupent environ 1 200 ouvriers et comprennent, outr assurances contre la maladie, contre les accidents, contre la vieil et l'invalidité, prescrites par les lois de l'Empire, de nombreuses in lations telles que : hôpital de vingt lits, reconnu d'utilité publiq possédant la personnalité civile, dispensaires, bains, pensions, cuisi sœur ménagère qui va voir les femmes d'ouvriers à domicile et donne les indications nécessaires et les conseils pour la cuisine, le nage et les travaux domestiques; sociétés de consommations, biblic ques, écoles enfantines, salles de société, caisse d'épargne, mai ouvrières, etc.

Ces établissements, qui constituent un véritable modèle, sont, con on sait, dirigés actuellement par M. Ch. Ten Brink, l'inventeur du f bien connu, et ancien Ingénieur des chemins de fer de l'Est françai

Notice biographique sur **A. Scheurer-Rott,** par M. Scheu Kestner.

Note sur l'**oxidation des matières amylacées,** par M. Schmerber.

Rapport sur **le traité des matières colorantes organiq artificielles** de M. Léon Lefèvre, par M. A. Rosenstiehl.

Emploi du bicarbonate de potassium pour les anal volumétriques, par M. G. Freyss.

Note sur **les parafuchsines benzylées,** par M. Maurice I d'homme.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 28. — *11 juillet 1896.*

La traction électrique sur les chemins de fer aux États-Unis, pa Lentz.

Régularisation de l'embouchure de la Vistule, par A. Rudolph.

Observations sur l'élasticité de torsion, par Rudolph Bredt.

Développement de la construction navale dans la marine milil allemande, par Dietrich.

Législation sur la protection des ouvriers, par Fritz W. Lurmani

Groupe du Rhin inférieur. — Épuration des eaux d'alimentation chaudières à vapeur.

Bibliographie. — Manuel de métallurgie, par le Dr Carl Schnabel:

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :
A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsabl
A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 15418-9-96. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

SEPTEMBRE 1896

N° 9.

Mémoires contenus dans le Bulletin de septembre 1896 :

1° *Les Tramways à traction mécanique et notamment avec moteurs à gaz*, par M. A. Lavezzari, p. 343;

2° *Théorie du flambage des pièces élastiques comprimées.* Extrait du cours d'élasticité de la Faculté des Sciences exactes, physiques et mathématiques de Buenos-Ayres, par M. Georges Duclout, p. 355;

3° *Transmission de la puissance motrice à l'aide de l'électricité pour l'exploitation d'une mine de houille*, par M. Louis Goichot, p. 398;

4° *Chronique* n° 201, par M. A. Mallet, page 446;

5° *Comptes rendus*, — page 454;

6° *Planches* n°s 181 et 182.

LES
IMWAYS A TRACTION MÉCANIQUE
ET NOTAMMENT
AVEC MOTEURS A GAZ
PAR

M. A. LAVEZZARI

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

'aborde encore la question de la traction des tramways après r déjà traitée deux fois ici, c'est que, plus que jamais, elle l'ordre du jour : voici l'Exposition de 1900 qui approche et, utes parts, on se préoccupe sérieusement des moyens qui se- employés pour y conduire la foule des visiteurs.

faut, je crois, renoncer, faute de temps, à l'espoir d'avoir cette époque un réseau de chemin de fer métropolitain dans . Cette perspective ne m'inspire, je l'avoue, qu'un bien faible t, car je ne crois pas à la grande utilité d'un métropolitain is, du moins quant à présent; je suis plutôt de l'avis de qui pensent que ce qu'il nous faut, c'est un réseau de tram- bien compris.

rsque ces tramways seront dotés de bons systèmes de trac- mécanique, assurant un service régulier à une vitesse con- ble, avec des passages assez fréquents, tout en permettant isser les tarifs exorbitants auxquels nous sommes soumis, ois que la circulation sera assurée dans des conditions très enables.

ie, si l'on tient à établir dans la capitale même de vraies s de chemins de fer, j'estime qu'on devra se contenter tout ord de quelques lignes de pénétration (qui se résumeront que en deux grandes diagonales, l'une suivant la Seine, l'autre u près perpendiculaire) pour faciliter l'accès de la banlieue, eut-être aussi pour desservir, comme cela se fait à Londres

et à Berlin, les grands express qui pourront déposer et prendre les voyageurs près de leurs quartiers respectifs.

Mais je m'arrête, car je me laisserais entraîner dans cette voie hors de mon sujet; pas si loin, cependant, que l'on pourrait le croire, car on pourrait bien se trouver obligé d'employer dans la partie urbaine de ces lignes quelqu'un des procédés de traction que l'on est contraint d'utiliser pour les tramways qui circulent dans les rues. Parmi eux, le gaz peut être appelé à occuper une place intéressante.

Aussi bien, ces préliminaires n'étaient pas inutiles pour faire comprendre le rôle que je crois réservé aux tramways et, comme conséquence, l'importance que j'attache à l'étude des divers procédés de traction dont ils peuvent être pourvus. Je dois même les compléter par quelques considérations générales relatives à la classification de ces procédés de traction pour bien définir les limites dans lesquelles je comprends l'application de celui qui fait l'objet de cette note.

Je ne voudrais pas, en effet, que l'on pût supposer qu'e traitant de la traction par moteur à gaz et en en faisant ressorti les avantages, mon intention est de la prôner à l'exclusion toute autre; loin de là.

Lorsque j'ai déjà parlé ici de tramways, je n'ai abordé que l systèmes électriques avec prise de courant continue; aujourd'h je ne fais qu'aborder un autre chapitre où j'envisage un au cas. En effet, dans le réseau de tramways que je rêve, tous l systèmes, sérieux, bien entendu, peuvent et doivent trouver le place. Le tout est de les bien appliquer.

Or, un choix judicieux est chose assez facile à faire, et je va passer en revue, très rapidement, les considérations général qui doivent guider celui qui entreprend la création d'un rés de tramways; cela m'amènera tout naturellement au vif de m sujet.

Tout d'abord, il faut séparer les procédés de traction en de grandes classes : d'une part, ceux dans lesquels le véhicule po avec lui la source d'énergie dont il a fait provision sous u forme quelconque, en un point déterminé de son parcours; d'au part, ceux qui reçoivent, tout le long du parcours, l'énergie pr duite par une station centrale.

Ces derniers devront être réservés pour les trajets relativem courts et surtout à grande fréquence, ou bien pour les parco nécessitant à certains endroits des efforts considérables, soit po

franchir des rampes rapides, soit pour atteindre de grandes vitesses.

Dans ces systèmes, en effet, les voitures sont relativement légères et peu coûteuses; on peut les multiplier sans frais exagérés, et cependant leur puissance est pour ainsi dire illimitée. Enfin, et surtout, les frais d'établissement de la voie, forcément plus élevés, sont plus facilement compensés par l'économie réalisée sur les véhicules.

Cette catégorie ne comprend guère que les tramways électriques à conducteurs aériens ou souterrains et les funiculaires. Et même j'insiste beaucoup sur ces derniers qui sont, je crois, susceptibles de rendre de grands services.

Pour s'en rendre compte, il ne faut pas se contenter de voir notre minuscule tentative de Belleville qui, cependant, malgré bien des imperfections de construction, rend des services réels; mais il faut les voir fonctionner dans les grandes villes qui en possèdent un réseau complet. Sans aller bien loin, je citerai, en Angleterre, Birmingham et Édimbourg.

Lorsqu'on étudie l'établissement d'une ligne de grande longueur et à passages peu fréquents, on doit, au contraire, faire choix d'un procédé de la première classe, car les frais de construction de la voie ne seraient plus compensés par l'économie réalisée sur les véhicules.

Dans ce genre nous connaissons et nous voyons fonctionner autour de nous, à Paris même, bien des systèmes : les accumulateurs électriques, la vapeur fournie par de vraies locomotives ou par des chaudières Serpollet, les locomotives sans foyer, système Francq, l'air comprimé et le gaz, ce dernier au moins comme expérience. Je saisis, en passant, l'occasion que m'offre cette énumération pour rendre justice à notre capitale, que l'on est toujours un peu trop disposé à critiquer, et je dois dire que dans aucune autre des grandes capitales de l'Europe qu'il m'a été donné de visiter, je n'ai vu la traction mécanique des tramways aussi développée qu'à Paris, et nulle part je n'ai vu faire d'aussi sincères efforts pour y réussir. Budapesth, seule, s'est luxueusement aménagée avec ses tramways électriques à conducteurs souterrains.

Il est à remarquer que presque tous les tramways à traction mécanique qui circulent à Paris appartiennent à la catégorie des automobiles; cela ne tient pas seulement, je crois, à la crainte d'employer les autres systèmes qui ont déjà fait leur preuve ail-

leurs, mais beaucoup aussi à ce qu'on s'y trouve dans le cas qui correspond à ce genre de traction, par suite de l'habitude, déplorable à mon sens, prise par nos Compagnies de transport de diminuer le nombre des voitures en en augmentant la capacité. C'est absolument le contraire qui se fait dans les autres grandes villes, et je ne surprendrai personne en disant que les voyageurs s'en trouvent beaucoup mieux. Nulle part, je n'ai vu comme ici les attentes interminables d'un rare véhicule monumental, mais généralement complet.

Pour achever ce rapide exposé des considérations premières qui doivent intervenir dans le choix d'un système de traction, il me reste à exposer les qualités qui différencient les divers systèmes de la deuxième catégorie.

Les accumulateurs électriques ont sur tous les systèmes mécaniques l'avantage d'être moins bruyants, *d'éviter les trépidations* et la mauvaise odeur de graisse chaude que les autres répandent sur leur chemin. Il n'y aurait donc pas à chercher mieux si l'on possédait un accumulateur économique, résistant et pas trop lourd ni trop cher; malheureusement nous sommes encore loin de cette perfection.

La machine à air comprimé convient assez bien pour l'intérieur des villes, mais elle est certainement moins économique que la machine à vapeur qui se recommandera pour la banlieue ou les quartiers éloignés où l'on ne craindra pas trop le bruit, la fumée ou l'échappement de vapeur et les odeurs de la graisse.

C'est à côté de ces deux types que le moteur à gaz trouvera sa place toute naturelle quand il aura été perfectionné.

Ainsi qu'on le verra plus loin, c'est un procédé de traction assez économique, à en juger par l'expérience déjà acquise il n'a pas les inconvénients de la machine à vapeur, et si l'on parvient à diminuer les trépidations qui actuellement gênent considérablement les voyageurs, surtout pendant les arrêts, je crois que l'on aura là un système très satisfaisant pour les lignes qui ne comporteront pas la traction électrique, et où cependant les considérations « d'esthétique », oserai-je dire, auront une importance capitale.

LES TRAMWAYS A GAZ

L'idée d'employer le gaz comme force motrice des voitures de tramways est déjà ancienne, et plusieurs tentatives ont été faites par divers inventeurs. Mais le seul, à ma connaissance, qui ait été employé dans des conditions réelles d'exploitation, ce qui ne veut pas dire que ce soit le seul pratique, est le système Lührig, de Dresde, devenu depuis celui de la « Gas Traction Company ». Les premières expériences eurent lieu en 1891, mais ce n'est qu'en juillet 1894 qu'un service régulier a été organisé à Dresde.

Les résultats furent tels qu'au mois de décembre de la même année, une Société se forma à Dessau pour l'exploitation en grand de ce système. Tout récemment une nouvelle ligne a été mise en exploitation en Angleterre, à Blackpool, et enfin la Compagnie Parisienne du gaz, fait actuellement des essais.

Avant de parler de ces diverses exploitations, je donnerai une courte description des voitures et de leur moteur.

Voitures.

L'aspect des voitures est à peu près le même que celui des tramways à air comprimé que nous connaissons. Tout le mécanisme est enfermé et caché à la vue.

Moteur. — Le moteur est du type Otto, à quatre temps, à deux cylindres horizontaux se faisant face; les deux manivelles sont en prolongement l'une de l'autre de sorte qu'il y a une explosion par tour du volant. Les deux distributions se font par tiroirs conjugués disposés de manière que l'admission du gaz dans un cylindre coïncide avec la compression dans l'autre.

Le moteur est placé sous la banquette d'un côté de la voiture, et le volant est logé dans l'épaisseur de la paroi latérale, qui est constituée par une double cloison de ce côté. L'ensemble peut être mis à découvert pour le graissage, le nettoyage, les petites réparations, en ouvrant des portes qui forment panneaux.

Pour éviter la présence continuelle d'une flamme, que l'on pourrait considérer comme dangereuse, à proximité de la provision de gaz portée par la voiture, l'allumage se fait électriquement au moyen d'un courant produit par une petite batterie d'accumulateurs ou une dynamo actionnée par l'arbre du moteur.

Mécanisme. — Le mouvement est transmis du moteur aux
sieux par une série d'engrenages disposés sous le plancher d
voiture, lequel est pourvu de trappes de visite pour le g
sage, etc. Je n'entrerai pas ici dans le détail des engrenages
l'on trouvera dans la description, très complète, qui en a
faite dans le *Génie Civil* par M. Barbet, administrateur de la
ciété des Tramways Nogentais.

Qu'il me suffise de dire que ces engrenages permettent
véhicules de marcher à deux allures différentes, la vitesse
moteur restant constante, qu'ils permettent également de
duire le renversement de la marche, le moteur marchant touj
dans le même sens, bien entendu.

Mise en marche. — Pour mettre la voiture en marche, on c
mence par fermer le circuit de l'allumeur électrique, puis on
effectuer au volant quelques tours à la main comme pour la
en route de tout moteur à gaz. Une fois lancé, le moteur cont
à marcher tout le temps que la voiture est en service, qu'elle
au repos ou en marche.

Manœuvre. — Le conducteur a sous la main un levier qui c
mande l'embrayage à friction des engrenages correspondant
deux vitesses.

Lorsque le levier est dans sa position médiane, les deux
grenages sont débrayés, la voiture s'arrête; en même temp
robinet qui donne accès au gaz dans les cylindres est parti
ment fermé de manière que le gaz n'arrive plus que dans un
moteur, et encore en quantié réduite, et le moteur ne fait
que 80 tours par minute au lieu de 220 en marche normale
poussant le levier à droite ou à gauche, on ouvre le robine
gaz, et en même temps on embraie la grande ou la petite vit

Le conducteur a encore sous la main un levier pour le ren
sement de la marche et la manivelle du frein.

Les deux leviers de changement de vitesse et de renversen
de marche peuvent être montés sur l'une ou l'autre des pla
formes. A la fin du voyage, le conducteur les transporte ave
et les met en place, de sorte qu'il n'y a pas besoin de tourne
voiture.

Approvisionnement de gaz. — Le gaz est renfermé dans trois
servoirs placés, deux en travers sous le plancher, et un en

sous la banquette opposée à celle qui recouvre le moteur, de sorte que le poids est à peu près équilibré.

La provision est, en général, de un mètre cube environ, à une pression initiale de 10 à 12 *kg*.

Approvisionnement d'eau. — L'eau nécessaire au refroidissement des cylindres est renfermée dans un autre réservoir, ou plutôt dans une série de tubes placés à la partie supérieure de la voiture. Cette eau est animée d'un mouvement de circulation automatique par suite de son échauffement dans les cylindres, comme dans un thermo-siphon. C'est la disposition employée dans beaucoup de moteurs fixes.

Chargement. — L'approvisionnement de gaz se fait dans de petites stations de compression qui comprennent simplement un moteur à gaz (de 4 à 6 *ch* dans les exploitations existantes), une pompe de compression et quelques cylindres en tôle comme réservoirs. Il y a, en outre, un compteur, bien entendu. Un mécanicien vient quelques heures par jour emplir les réservoirs de chaque station, ce qui réduit au minimum le personnel nécessaire.

Cependant, pour Paris, sur des lignes importantes, les choses ne seraient pas aussi simples ; on a compté que pour comprimer le gaz nécessaire à certaines stations, il faudrait un moteur de 30 *ch* marchant constamment.

Du réservoir part une conduite qui se termine à un robinet placé dans le sol près de la voie. De son côté, la voiture est pourvue d'une tubulure filetée munie d'un manomètre et placée sur la paroi latérale, opposée au moteur, c'est-à-dire sur celle qui recouvre le réservoir longitudinal. Pour charger de gaz l'automobile, il suffit de visser à la bouche de chargement du tramway et à celle de la voie les deux extrémités d'un tuyau flexible, et d'ouvrir le robinet; l'opération dure environ deux minutes.

La bouche de chargement et de vidange de l'eau de refroidissement est placée au-dessous de celle de chargement du gaz; l'opération se fait de la même manière et dure de trois à quatre minutes.

J'ai exposé dans ses grandes lignes la construction des tramways à gaz; je vais maintenant décrire les exploitations qui les utilisent actuellement.

Dresde.

C'est à Dresde, en juillet 1896, que la première ligne de tran à gaz fut mise en exploitation.

La ligne, dont le service est fait concurremment par des tram à traction animale, n'a que 3,5 *km* de longueur. Elle ne pré: pas de rampes bien fortes, sauf à une extrémité où il y en a de 40 *mm* environ.

Le point le plus désavantageux se trouve à l'intersection (double voie de chemin de fer, parce que le croisement, qui : aménagé pour être aussi peu sensible que possible pour la principale, est peu favorable à la ligne de tramway.

Le service est fait par quatre automobiles dont une de rés Les voitures sont de petit modèle, sans impériale; la statio compression se trouve au dépôt et les voitures s'y rendent les deux voyages pour renouveler leur provision de gaz.

La consommation de gaz a été, paraît-il, de 640 *l* par mètre-voiture, y compris le gaz consommé par le moteur (station de compression.

Nous verrons que dans des installations plus récentes ce cl a été diminué.

Cette installation, qui a servi pour les premières expérie doit être remaniée et rendue plus importante.

Dessau.

En présence du succès obtenu par la ligne de Dresde, la (pagnie Continentale allemande du gaz se décida à créer une ploitation plus importante à Dessau.

Dessau est une ville de 42 000 habitants qui n'avait, jusq 1894, aucune espèce de tramways. L'exploitation actuelle a (mencé en novembre et décembre 1894.

La longueur totale du réseau est de 6,2 *km*. On y renco une rampe de 50 *mm* sur 60 *m* de longueur environ, et le petit rayon de courbure est de 15 *m*.

Le matériel roulant comprend treize automobiles sans in riale, dont quatre sont pourvues de moteurs de 10 à 12 *ch* et de moteurs de 7 à 10 *ch*. Il y a, en outre, sept voitures à re quer que l'on sort suivant les besoins du service.

Le poids des automobiles est de 6 *t* à vide et de 8 *t* en cha

elles sont à vingt-huit places dont douze debout et seize assises. Les moteurs font quatre-vingts tours pendant les arrêts et deux cent vingt en marche.

La provision de gaz emportée est de 800 *l* à la pression initiale de 10 *kg*, ce qui correspond à 8 m^3 à la pression ordinaire; cet approvisionnement permet de faire de 16 à 20 *km* sans recharger. On cite un fait intéressant qui prouve qu'il n'y a pas trop à craindre les fuites. Les premières voitures construites à Cologne avaient été chargées aux ateliers mêmes, et à leur arrivée à Dessau, elles ont pu aller de la gare au dépôt avec leur propre force.

La tuyauterie d'eau renferme 80 *l*, qui sont suffisants pour tenir les cylindres à une température acceptable.

Il y a deux stations de compression alimentées par des moteurs de 8 *ch*. Toute l'installation de chacune d'elles tient dans un carré de 4,50 *m* de côté. Chaque moteur ne marche que trois heures par jour en tout, et la capacité des réservoirs est suffisante pour alimenter deux automobiles sans recharger.

La vitesse est limitée par les règlements administatifs; aussi ne dépasse-t-elle pas 10 *km* à l'heure, arrêts compris, ce qui correspond à un maximum de 12 *km*.

La consommation de gaz a été trouvée de 510 *l* par kilomètre-voiture, y compris le gaz nécessaire à la compression qui représente environ 10 0/0 de l'ensemble.

Une grande fabrique qui se trouve sur le parcours, attelle tous les jours un fourgon pour le transport de ses colis à la gare, et l'on dit que l'Administration des Postes va aussi utiliser le tramway pour le transport des sacs de lettres. C'est un exemple qui montre quel parti on peut tirer des tramways pour les services publics et privés, et qu'il serait peut-être bon d'imiter à Paris.

Blackpool.

Cette ligne, la première établie régulièrement en Angleterre, n'a été mise en service qu'au mois de mai dernier, c'est dire que son exploitation ne peut pas encore donner de résultats bien nets. Elle va de Blackpool-Saint-Anns à Lytham ; sa longueur est de 13 *km*.

Les voitures sont du grand modèle à impériale et peuvent contenir 40 voyageurs; leur poids est de 7 *t* à vide et de 10 *t* en charge. Il y aura en pleine exploitation seize voitures.

En passant à Manchester au mois de février, j'ai vu les trois

premières voitures en construction aux ateliers de l'« Ashbury Railway Carriage and Iron Company », qui construit le matériel de la « Gas Traction Company », sauf les moteurs qui viennent d'Allemagne.

Je dois à la grande obligeance de M. Walter Gatwood, Ingénieur de l'Ashbury, d'avoir vu en détail ces voitures ainsi qu'une autre qui revenait de Paris et celle qui allait y partir.

J'en ai fait la manœuvre, et j'ai pu en constater l'extrême simplicité.

Les premiers mois d'exploitation à Blackpool ont accusé une consommation de gaz de 530 *l* par kilomètre-voiture; mais, comme je viens de le dire, il faut attendre une exploitation un peu plus longue pour accepter ce chiffre comme définitif.

Il y aura, d'ailleurs, un intérêt tout particulier à en suivre les résultats, parce qu'on pourra les comparer, dans des conditions identiques de prix de main-d'œuvre et de charbon, avec la ligne électrique de Blackpool que j'ai décrite ici. Il faut noter que chacun de ces procédés y est employé dans les conditions qui lui sont le plus favorables, qui répondent à la classification que je faisais au début de cette note.

Je rappelle, en passant, qu'il circule sur la ligne électrique, depuis juin 1895, quelques voitures à quatre-vingt-deux places montées sur deux bogies.

Essais de la Compagnie Parisienne.

Notre grande Compagnie gazière n'est pas restée indifférente au développement pris par la traction au moyen de moteurs à gaz; aussi s'est-elle entendue avec la « Gas Traction Company » pour faire venir ici une voiture d'expérience; une première fut envoyée à Paris, mais elle était trop petite pour donner des résultats intéressants. Elle fut retournée en Angleterre après quelques essais et une autre, plus grande avec impériale, vient de subir ici une série d'essais.

Les premières expériences eurent lieu dans l'intérieur de l'usine de Saint-Denis; puis on vient de faire un certain nombre de voyages entre la porte de la Chapelle et la place aux Gueldres, à Saint-Denis.

Voici quels ont été les résultats de ces essais, qui ne m'ont été donnés d'ailleurs que comme des chiffres d'expériences et non d'exploitation.

Je dois ces renseignements à l'obligeance de M. Lévy et de M. Bertrand, Ingénieurs de la Compagnie Parisienne, à qui j'adresse tous mes remerciements. Leur haute compétence est la meilleure garantie de la régularité des essais et de la valeur des résultats annoncés.

La voiture est, comme je l'ai dit, du grand modèle à impériale, pouvant contenir 42 personnes.

Poids à vide.	7 000 *kg.*
— en charge	10 000 *kg.*
Force du moteur.	10 à 15 *ch.*
Nombre de tours.	100 à l'arrêt; 250 en marche.
Volume des réservoirs à gaz. .	1 250 *l.*
Pression.	10 *kg.*
Volume des tuyaux d'eau. . .	85 *l.*
Vitesse moyenne.	16 *km* à l'heure.
Consommation de gaz par V. K.	550 *l*, non compris la compression.
Parcours moyen sans surcharge.	22 *km.*

Conclusions.

Les chiffres de consommation que je viens d'indiquer démontrent que la traction par le gaz mérite une place honorable parmi les autres systèmes. C'est un mode d'exploitation dont l'établissement est facile presque partout, peu coûteux et sûr. Les usines centrales et le personnel en sont peu importants.

Presque tous les centres habités possèdent des usines à gaz, ce point ne peut donc constituer une difficulté sérieuse; elle ne pourrait guère provenir que du prix de vente du gaz dans certaines villes; mais il arrivera certainement que les Compagnies feront des tarifs réduits spéciaux. Cependant si dans certains cas elles ne le voulaient ou ne le pouvaient pas, la Société qui exploiterait le tramway aurait la ressource de fabriquer son gaz elle-même et alors le gaz pauvre serait tout indiqué. Il conviendrait parfaitement à cet usage, en outre sa fabrication est simple et peu coûteuse.

Mais ce système, jeune encore, a des progrès à réaliser comme ses devanciers, pour arriver à son dernier degré de perfection.

Pour ma part, je ne considère les voitures actuelles que comme une heureuse démonstration, que le problème vaut la peine d'être étudié, mais je crois que pour en faire une voiture réellement pratique, il y a encore beaucoup à la perfectionner.

Actuellement on s'est contenté de prendre un moteur ordinaire que l'on a monté presque sans modification sur les voitures; c'est à peu près comme si l'on faisait une locomotive avec une machine à vapeur fixe; les besoins ne sont pas les mêmes, il faut évidemment des machines différentes.

Le défaut principal de ces moteurs est de ne pas permettre d'aborder de fortes rampes; ou bien il faut faire des moteurs trop puissants qui travaillent en temps ordinaire dans des conditions défectueuses.

Il serait bon aussi de pouvoir arrêter entièrement le moteur quand la voiture s'arrête, pour éviter la trépidation et le bruit désagréable que l'on ressent actuellement.

C'est là, je crois, qu'il faut chercher l'amélioration, et peut-être un jour, si l'expérience répond à mes espérances, aurai-je l'occasion d'en entretenir la Société.

Enfin dans la partie mécanique de la transmission, il y aurait aussi quelques améliorations à apporter; les engrenages font pendant tout le temps de la marche un bruit assez désagréable; on pourrait peut-être y remédier de suite très simplement en employant des pignons à dents de bois.

Ce n'est là qu'un aperçu des premiers perfectionnements à apporter; le champ est ouvert aux inventeurs, et nous enregistrerons avec plaisir les progrès qui seront réalisés et qui en feront un modèle supérieur et, il faut l'espérer, d'origine française.

THÉORIE

DU

LAMBAGE DES PIÈCES ÉLASTIQUES COMPRIMÉES

Extrait du cours d'élasticité de la Faculté des Sciences exactes, physiques et mathématiques de Buenos-Ayres

PAR

M. Georges DUCLOUT

EXPOSÉ

Ce mémoire est la traduction de notes de conférences que j'ai données sur ce sujet à la Faculté des Sciences de Buenos-Ayres depuis 1892, et je crois inutile d'insister sur l'intérêt que sa publication peut présenter pour tous nos Collègues qui s'occupent de constructions métalliques. Je pense qu'il contient une première partie, qui est une exposition *très claire* et élémentaire de la théorie classique du flambage, dans laquelle j'ai tâché de faire ressortir les points délicats généralement trop laissés dans l'ombre par les meilleurs auteurs, relatifs à *l'instabilité possible* d'une pièce comprimée. Je le fais suivre de l'exposé de la méthode de calcul due à Winkler, peu appliquée, en général, mais qui, dans la pratique, m'a toujours donné d'excellents résultats pour le calcul des piliers métalliques.

Cette méthode est beaucoup plus courte que celles basées sur des théories approchées, comme je le fais voir en passant, et non seulement plus courte, mais logique et exacte, tandis que les autres sont *illogiques* et peuvent à peine se considérer comme formules d'interpolation d'expériences souvent défectueuses. Parmi les coefficients pratiques que j'indique, il s'en trouve sur les bois durs usuels dans les instructions de l'Argentine, qui ne seront peut-être pas sans intérêt pour les Ingénieurs européens.

Après cette première partie, analytique, je reprends l'étude d'une façon purement géométrique. Cette méthode, excessivement simple, permet tout d'abord de se rendre compte des formes de

la ligne élastique pour des déformations finies, dont la théorie analytique ne peut être traitée que par les fonctions elliptiques. Après un examen intéressant et neuf de cette question, j'étudie la ligne que j'ai nommée ligne d'équilibre, et j'expose synthétiquement, sans l'aide d'aucun calcul, les conditions d'équilibre stable, indifférent et instable d'un prisme (ou verge élastique quelconque) chargé de bout.

Cette étude prouve que la méthode ordinaire d'intégration de l'équation du prisme comprimé conduit pour la théorie du flambage à une théorie non pas approchée, comme doit le faire croire la méthode suivie par tous les auteurs, mais mathématiquement exacte, et que l'intégration de l'équation complète conduit forcément au même résultat.

Pour terminer de résoudre mon problème, il ne me reste ensuite qu'à déterminer le sommet de la ligne d'équilibre, ce qui se fait aisément par un simple tracé de funiculaire, même pour des piliers à section et coefficient d'élasticité variable.

J'arrive ainsi à trouver une solution mathématiquement exacte du problème du pilier élastique de section quelconque à l'aide de tracés graphiques semblables à tous ceux qu'usent journellement les ingénieurs dans le calcul des constructions métalliques.

La partie la plus curieuse de ma méthode consiste précisément dans cette solution (Chap. XIX à XXI), et dans l'usage pour la détermination de la forme d'un pilier de longueur et charge donnée, d'une courbe tracée *arbitrairement*, au caprice pour ainsi dire du constructeur, comme base de toute son épure. Une note du chapitre XXI donne la raison intime de cette possibilité : il s'agit de problèmes de variation. Pour terminer, j'indique au chapitre XXI comment ma méthode permet de traduire facilement en formules analytiques le résultat de cette étude géométrique.

Une des plus intéressantes applications de la théorie de l'élasticité est celle du flambage des pièces élastiques; elle a pour but de déterminer les conditions dans lesquelles certains corps prismatiques de formes légères résistent mieux que d'autres à la compression dans le sens longitudinal, afin de pouvoir calculer la résistance de ces corps d'une façon rationnelle, et dont l'exactitude a été démontrée par les récentes et notables expériences de Bauschinger et de Tetmayer.

Nous diviserons cette étude en deux parties, l'une analytique et l'autre graphique, qui se complètent l'une l'autre.

PREMIÈRE PARTIE

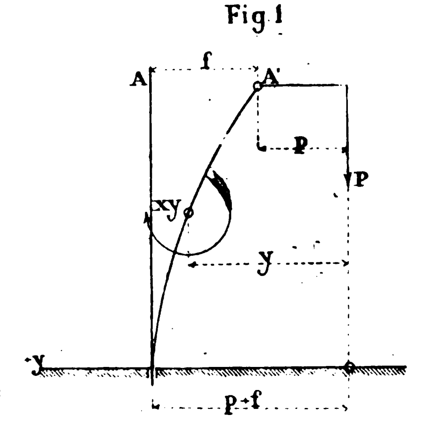
ÉTUDE ANALYTIQUE

CHAPITRE PREMIER

Équations différentielles du problème.

›it un corps très mince en forme de prisme droit de longueur l ıstré à une de ses extrémités B (*fig. 1*).

ıisons agir sur ce corps, parallèlement à son axe BA et à une ance p de cet axe, une force P nanière à le comprimer.



'renons pour axe des x la ligne :tion de P, et comme axe des ı normale en B à l'axe AB du sme.

.e moment de flexion en un ınt de coordonnées xy sera idemment, si nous observons e le moment de P est négatif,

$$M = -Py,$$

par suite l'équation de la ligne ıstique correspondante :

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} = -\frac{Py}{EI}. \qquad (1)$$

E est le module d'élasticité et I le moment d'inertie de la secon droite du prisme.

Cette équation s'intègre facilement ; en effet, si EI est constant, ısons :

$$\frac{P}{EI} = +\alpha^2,$$

en résulte :
$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{Py}{EI} = -\alpha^2 y,$$

ont l'intégral général est :

$$y = A \sin \alpha x + B \cos \alpha x,$$

puisque : $$\frac{dy}{dx} = \alpha(A \cos \alpha x - B \sin \alpha x)$$

et $$\frac{d^2y}{dx^2} = -\alpha^2(A \sin \alpha x + B \cos \alpha x),$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -a^2y.$$

Les constantes A et B se détermineront par les conditions castrement en B, c'est-à-dire que pour :

$$x = 0,$$

$$\frac{dx}{dy} = 0 = \alpha A,$$

donc $A = o$; la valeur de y sera :

$$y = B \cos \alpha x,$$

mais pour $x = 0$,

$$y = p + f = B \cos (o) = B \text{ (}f\text{ est la flèche)},$$

d'où il résulte : $$y = (f + p) \cos (\alpha x),$$

qui est l'équation de la ligne élastique d'une poutre vei soumise à une force verticale excentrique qui la comprime.

Cette équation nous fait voir que :

pour $$x = l,$$

et $$y = p,$$

on a : $$p = (p + f) \cos \alpha l,$$

d'où : $$\frac{p}{p + f} = \cos \alpha l,$$

ou bien : $$\frac{p}{f} = \frac{\cos \alpha l}{1 - \cos \alpha l}.$$

CHAPITRE II

Équilibre stable, indifférent et instable du pri

Dans l'expression (2) trouvée ci-dessus, $\frac{p}{f}$ est fonction c'est-à-dire de $\frac{P}{EI}$; si nous donnons à P une valeur con

ous pourrons aussi exprimer α en fonction du moment inertie I.

D'autre part, si nous supposons f constant et positif, le rapport $\frac{p}{f}$ sera la mesure de p, c'est-à-dire du porte-à-faux qu'il faudra onner à la force P pour que, appliquée parallèlement à l'axe B de la verge élastique, elle fasse prendre à son extrémité libre a flèche f.

Soit une paire d'axes de coordonnées orthogonaux (*fig.* 2), porons les valeurs de α comme abscisses et comme ordonnées, positives vers le haut, les valeurs correspondantes de $\frac{p}{f}$, puis sur les mêmes axes portons comme ordonnées positives vers le bas (pour la clarté de la figure) les valeurs de I qui correspondent aux mêmes valeurs de α.

Fig. 2.

Faisons varier αl depuis o jusqu'à $\frac{\pi}{2}$, on voit que pour :

$$\alpha l = 0,$$

$$\cos \alpha l = 1,$$

et

$$\frac{p}{f} = \infty.$$

Pour αl entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ nous aurons :

$$\frac{p}{f} = \frac{\cos \alpha l}{1 - \cos \alpha l} \text{ valeur positive.}$$

Pour

$$\alpha l = \frac{\pi}{2},$$

$$\cos \alpha l = 0,$$

et

$$\frac{p}{f} = 0.$$

Faisons croître αl, $\cos \alpha l$ est négatif et très petit, par suite :

$$\frac{p}{f} = \frac{\cos \alpha l}{1 - \cos \alpha l} \text{ très petit et négatif.}$$

Quand αl arrive à $\frac{2\pi}{2}$,

$$\cos \alpha l = -1,$$

et
$$y = \frac{p}{f} = -\frac{1}{2}.$$

Augmentons encore plus αl, $\frac{p}{f}$ restera toujours négatif jusq
ce que αl atteigne la valeur $\frac{3\pi}{2}$, nous aurons alors :

$$\cos \alpha l = 0,$$

et
$$\frac{p}{f} = 0,$$

pour αl entre $\frac{3\pi}{2}$ et $\frac{4\pi}{2}$, $\frac{p}{f}$ redevient positif;

pour $\alpha l = \frac{4\pi}{2}, \frac{p}{f} = +\infty$ et ainsi de suite périodiquement.

La figure 2 nous représente une branche de la courbe $\frac{p}{f}$.

D'autre part pour :

$$\alpha l = l\sqrt{\frac{P}{EI}} = 0,$$

$$I = \infty,$$

c'est-à-dire que, pour cette valeur de I, le bras de levier du cou
Fp doit être infiniment grand pour que la flèche admise f pu
se produire.

Faisons varier αl entre 0 et $\frac{\pi}{2}$, ou I entre ∞ et la val
donnée par :

$$\alpha l = \frac{\pi}{2} = l\sqrt{\frac{P}{EI}},$$

ou bien
$$\frac{\pi^2}{4} = l^2\frac{P}{EI}$$

d'où l'on déduit
$$I = \frac{4}{\pi^2} \cdot \frac{l^2 P}{E}$$

la valeur de P et, par suite, le bras de levier p diminue d'
façon continue depuis $+\infty$ jusqu'à 0 pour cette dernière valeı

c'est-à-dire qu'alors la force P seule (sans couple pP) peut maintenir la flèche arbitraire f quand la valeur de I est

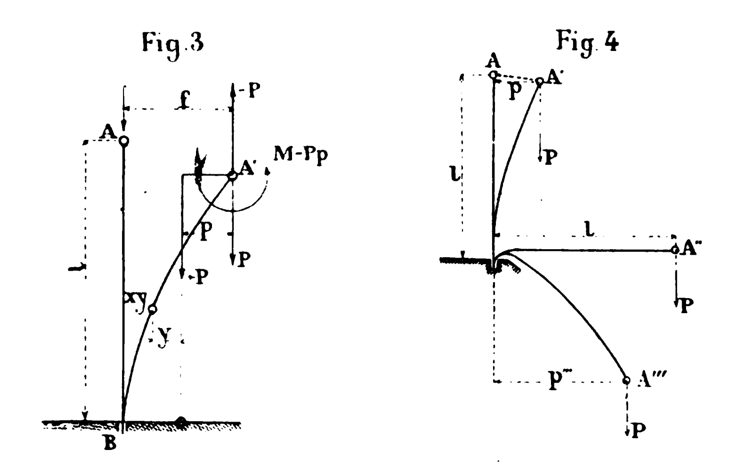
$$I = \frac{4}{\pi}\,\frac{l^2 P}{C}.$$

En d'autres termes, pour cette valeur de I, l'équilibre est indifférent, puisque, si une cause quelconque déviait AB de sa position droite primitive, celle-ci ne se redresserait pas, mais resterait courbée en gardant la flèche arbitraire p qu'on lui aurait fait prendre.

Si nous faisons diminuer davantage encore la valeur de I, c'est-à-dire si nous augmentons celle de αl, p deviendrait négatif, c'est-à-dire qu'il faudrait un couple négatif agissant en sens opposé à P pour maintenir le corps en équilibre dans la position déviée.

Cela nous prouve que l'équilibre est instable pour des valeurs de I moindres que $\frac{4}{\pi}\,\frac{l^2 F}{E}$, car si AB perdait sa verticalité pour une raison quelconque, il nous faudrait un couple négatif Pp pour le maintenir dans sa nouvelle position A'B (*fig. 3*) quelle que fut la petitesse de la flèche AA' $= f$.

Si, dans cette nouvelle position, nous supprimons le couple nécessaire pour maintenir l'équilibre, le prisme ne retournera plus à sa position primitive AB; au contraire il prendra par rap-



port à la verticale une position qui sera telle que les réactions élastiques du prisme, croissantes avec sa déformation, viennent à équilibrer le couple Pp et comme P est constant, ce couple (*fig. 4*)

ne peut passer de la limite Pl qu'il atteint dans le cas où la barr serait repliée horizontalement dans la position BA″ tandis qu les réactions élastiques croissent encore jusqu'à arriver à l position BA‴ par exemple.

Il résulte donc forcément qu'il y aurait entre BA et BA‴ une autre forme d'équilibre stable si on admet que la résistance de l barre lui permette de prendre ces formes sans se rompre ni s déformer d'une façon permanente, cas que presque jamais n pourra admettre l'Ingénieur.

La détermination des positions d'équilibre stable pour I plu grand que $\frac{4}{\pi^2} \frac{l^2 P}{E}$ dépend des fonctions elliptiques, car dans ce ca il faut intégrer l'équation exacte de la ligne élastique (*).

Pour nous, le résultat suivant est suffisant :

Le prisme encastré par sa base se trouve en équilibre stab seulement quand αl ou

$$l\sqrt{\frac{P}{EI}} \text{ est } < \frac{\pi}{2}.$$

Nous appelerons limite de charge stable la valeur

$$E = \frac{\pi^2}{4} \frac{EI}{l^2}$$

qui représente la valeur limite de la charge P que peut supporte avec stabilité un prisme encastré à son extrémité parallèlement à son axe.

CHAPITRE III

Résultat pratique de la théorie.

C'est dans la théorie exposée qu'il faut chercher pourquoi le corps longs se rompent plus facilement à la compression qu'à la traction; ils se rompent parce que : une déviation quelconque de la verticale devient dangereuse dès que la charge est voisin ou $>$ E, limite de charge stable; passée celle-ci la rupture se fa non par compression, mais par flexion, c'est pourquoi toutes l théories qui essayent de calculer un prétendu coefficient de ru ture à la compression différent de celui à la traction pour l

(*) Voir L. SAALSCHÜTZ : « *Der belastete Stab* », Leipzig, 1880, B. G. Teubner.

corps longs sont vaines et se basent sur des idées qui ne peuvent conduire qu'à des résultats discordants avec la pratique.

La théorie que nous venons d'étudier a reçu la confirmation de l'expérience entre les mains de Tetmayer et de Bauschinger et nous voyons que :

Les prismes résistants à la compression doivent se calculer de la même manière que ceux qui travaillent à la traction quant aux coefficients de résistance directe et d'élasticité, mais leurs dimensions doivent être telles qu'ils puissent être comprimés sans se trouver en équilibre instable, car dans ce cas, la rupture est imminente.

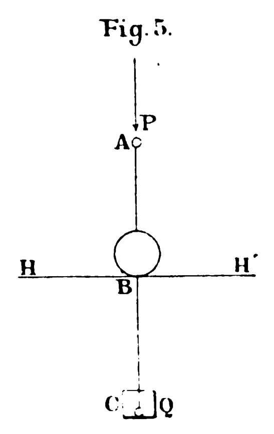
Quand, au contraire, le prisme travaille à la traction, on voit que si la traction est parallèle à l'axe du prisme, l'équilibre est toujours stable; donc, dans ce cas, la forme de la section du prisme n'influe pas sur la nature de l'équilibre, ni par suite sur ses conditions de résistance.

CHAPITRE IV

Modèles mécaniques de la théorie antérieure.

Le même cas se présente à chaque pas dans la nature : le pendule est en état d'équilibre stable, mais en posant le poids en haut, il ne l'est plus.

Un corps CBA *(fig. 5)* appuyé en B par un cylindre sur un plan horizontal HH', chargé en A d'un poids P variable et muni en C d'un contrepoids Q fixe est en état d'équilibre tant que



$$\overline{BA} \, . \, P < \overline{BC} \, . \, Q$$

en équilibre indifférent quand

$$P = Q \frac{BC}{BA}$$

et en équilibre instable quand

$$P > Q \frac{BC}{BA}.$$

Au contraire, le même poids P suspendu en A au-dessous de C (*fig. 6*) sera toujours en équilibre stable.

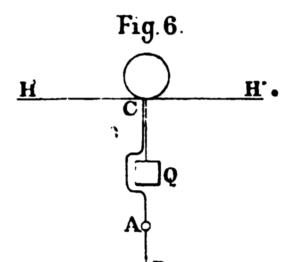


Fig. 6.

Ce sont là des idées générales qu'il est bon d'avoir toujours présentes à l'esprit quand on veut calculer des piliers ou colonnes métalliques d'importance afin d'obtenir des constructions légères et sûres en même temps, ce qui peut se faire avec avantage en employant la méthode suivante due à Winkler.

CHAPITRE V

Méthode de Winkler pour calculer les pièces au flambage.

Quand nous calculons un prisme comprimé avec une sécurité n, cela veut dire que, si F est la force qui le comprime, nous devons lui donner des dimensions telles que seule, une force

$$P = Fn$$

et nulle autre plus petite soit capable de le rompre (ou de le déformer d'une façon permanente s'il s'agit de la sécurité à la déformation permanente).

Dans le cas où la tension deviendrait égale à P, la façon dont se rompra le prisme est indifférente en elle-même; cependant comme il peut arriver qu'il se rompe faute de stabilité, ce cas ne devra pas se présenter avant que P n'ait atteint sa valeur limite c'est-à-dire que si

$$P = E$$

nous aurons réellement pour ce corps la sécurité que nous devons lui donner car en lui appliquant la force

$$Fn = P$$

il se rompra, *soit par rupture directe, soit par flambage* causé par son instabilité; mais avant d'atteindre cette valeur, il n'y a pas de probabilité qu'il se rompe ni pour l'une ni pour l'autre de ces causes.

La section S du prisme se détermine par la condition

$$F = \rho S$$

t la section théorique du prisme et ρ le coefficient de tension
ıne sécurité n.

ıs avons alors

$$P = Fn = S\rho n = S\tau$$

t le coefficient de rupture à la compression (s'il s'agissait
:urité à la déformation au lieu de τ, il faudrait mettre λ,
de déformation permanente du matériel considéré).

e valeur doit être $\leqslant$ E de façon que

$$S\tau \leqslant E = \frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{EI}{l^2}$$

:n

$$\frac{Sl^2}{I} \leqslant \frac{\pi^2 E}{4\tau} = A'.$$

ıs désignons par i le rayon de giration de la section con-
e

$$\frac{l^2}{i^2} \leqslant \frac{\pi^2 E}{4\tau} = A'.$$

rvation. — Dans le cas où F serait excentrique et p son bras
ier, nous aurons :

$$\rho = \frac{F}{S} + \frac{Fp}{I : v} = \frac{F}{S}\left(1 + \frac{pv}{i^2}\right)$$

$$F = S\rho\left(\frac{i^2}{i^2 + pv}\right)$$

$$P = Fn = S\rho n \cdot \frac{i^2}{i^2 + pv} = \tau \frac{I}{pv + i^2}$$

r suite, on doit avoir pour l'égalité de la rupture au flam-
:t à la flexion

$$\tau \frac{I}{pv + i^2} \leqslant \frac{\pi^2}{4} \frac{EI}{l^2}$$

$$\frac{l^2}{pv + i^2} \leqslant \frac{\pi^2}{4} \frac{E}{\tau} = A'$$

ion de stabilité plus générale que celle de Winkler et qui
e que :

nd l'équilibre est stable à la compression, il l'est à plus
aison à la flexion, attendu que si

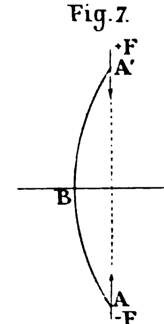
$$\frac{l^2}{i^2} < A'$$

$$\frac{l^2}{i^2 + pv} \text{ sera } a\ fortiori < A'.$$

CHAPITRE VI

Déduction de la constante A.

A′ est un *nombre* constant qui varie seulement avec l'espèce et la qualité des matériaux et non avec les dimensions du corps, ni avec les unités employées dans les calculs.



S est la section *théorique* qui correspond à un coefficient de sécurité n et coefficient de tension τ.

I, au contraire, est le moment d'inertie effectif, c'est pourquoi l'on ne saurait poser en général, en désignant par i le rayon de giration de la section

$$\frac{I}{S} = i^2$$

sauf dans le cas d'une colonne ayant réellement ou pratiquement la section théorique S.

En effet, il peut arriver qu'avec la section théorique S nous ne puissions pas obtenir I assez grand pour que

$$\frac{Sl^2}{I} \text{ soit } < A',$$

alors on augmente la section de façon à faire croître I; mais dans le quotient $\frac{I}{S}$ on ne tient pas compte de l'augmentation de S.

Les exemples qui suivent plus loin expliqueront clairement cette question.

Outre les prismes encastrés par la base nous avons intérêt à examiner le cas du prisme comprimé reposant librement sur les deux extrémités.

Dans un tel prisme, sollicité par les deux forces $+F$ et $-F$ (*fig.* 7) qui agissent selon la corde AA′ de la ligne élastique ABA′ nous pouvons supposer immobile le point B, milieu du prisme ainsi que la tangente en B à la ligne élastique, parallèle à AA′ par symétrie; BA et BA′ peuvent se considérer comme deux prismes égaux à l'antérieur et les formules subsisteront en remplaçant par sa valeur $\frac{l}{2}$; nous devrons donc avoir

$$\frac{Sl^2}{I} \leqslant \frac{\pi^2 E}{\tau} = A$$

c'est-à-dire que le facteur $\frac{Sl^2}{I}$ doit être $\leqslant$ que le nombre $A = 4A$

De la même façon on verrait que : si un corps est encastré à ses deux extrémités, on peut remplacer l par $\frac{l}{4}$ obtenant alors que le produit $\frac{Sl^2}{I}$ doit être $\leqslant$ que le nombre $A'' = 4A$.

CHAPITRE VII

Valeurs de A pour différents matériaux.

Pour différents matériaux, on obtient les valeurs suivantes de la constante A :

PIERRE :

E varie entre $4{,}10^6$ et $800{,}10^6$ $kgcm^{-2}$ τ est petit, car il s'agit de rupture à la flexion et l'on peut admettre que τ varie entre 1 et 10 $kgcm^{-2}$.

Pour des valeurs.		On obtient.
$E = 4{,}10^6\ kgcm^{-2}$	et $\tau = 1\ kgcm^{-2}$	$A = 4{,}10^6$
$E = 800{,}10^6\ kgcm^{-2}$	et $\tau = 10\ kgcm^{-2}$	$A = 8{,}10^7$

FER :

$E = 2\,000\,000 \frac{kg}{cm^2}$	$\tau = 3\,500 \frac{kg}{cm^2}$	$A = 5\,640$
$E = 1\,800\,000$ —	$\tau = 3\,600$ —	$A = 4\,900$
$E = 2\,000\,000$ —	$\tau = 3\,000$ —	$A = 6\,600$

On voit que plus E est grand, plus le métal est rigide et plus τ est petit (plus cassant et moins résistant) plus la valeur de A est élevée, c'est-à-dire que I peut être d'autant plus faible pour une section donnée S et une longueur l.

FONTE :

$E = 1\,000\,000\ kgcm^{-2}$; $\tau = 7\,800\ kgcm^{-2}$; $A = 1\,265$.

ACIER :

$E = 2\,000\,000\ kgcm^{-2}$; $\tau = 4\,500\ kgcm^{-2}$; $A = 4\,400$.

ACIER FONDU (DUR) :

$$E = 2\,500\,000\ kgcm^{-2}; \quad \tau = \begin{Bmatrix} 6\,000\ kgcm^{-2} \\ 12\,000\ kgcm^{-2} \end{Bmatrix}; \ A = \begin{matrix} 4\,100 \\ 2\,050 \end{matrix}$$

La fonte est donc, contre l'opinion de beaucoup, le mé
moins convenable pour colonnes à égalité de section pour (
a rapport au flambage à températures ordinaires, question d
à part.

Bois.

Pin : $E = 120\,000\ kgcm^{-2}$; $\tau = 450$; $A = 2\,600$
Chêne : $E = 117\,000$ — $\tau = 600$; $A = 1\,750$

On peut donc prendre en moyenne pour les bois europ
$A = 2\,000$ environ.

Pour les bois de la République Argentine que j'ai eu l'oc
d'étudier, on ne peut calculer la sécurité à la rupture, il
mieux prendre la limite *d'allongement permanente* λ_a car ce so
bois très durs et ductiles qui ont des limites de rupture qu
fois dix fois plus élevées que celles d'allongement.

Pour ces bois, on a :

Quebracho :	$E = 138\,795\ kgcm^2$;		$\lambda_a = 498,5$;	$A = 27$
Urunday :	$E = 134\,190$	—	$\lambda_a = 414$	$A = 31$
Curupay :	$E = 180\,570$	—	$\lambda_a = 833$	$A = 21$
Hêtre blanc (Terre de Feu) :	$E = 106\,501$	—	$\lambda_a = 442,7$	$A = 23$
Hêtre rouge —	$E = 98\,432$	—	$\lambda_a = 530,4$	$A = 18$

Il est clair que ces nombres s'appliquent à des colonnes
lées avec un certain coefficient de sécurité contre l'allong
permanent, c'est-à-dire contre la déformation non pas co
rupture.

En résumé, on peut prendre comme valeurs moyennes
samment exactes pour la pratique sauf des cas tout à fait spé

Pierre :	$A = 4.10^7$	Sécurité à la rupture.
Fer et acier :	$A = 5.10^3$	
Bois d'Europe :	$A = 2.10^3$	
Bois argentins :	$A = 2.10^3$	Sécurité à la déformation.

CHAPITRE VIII

Exemples de calcul.

I. — *Une diagonale de pont de* 2 m *de longueur travaille à*
pression; $F = 6\,800$ kg; *on donne* $\rho = 720\ \frac{kg}{cm^2}$; *on demande*
mensions qui conviennent à cette barre?

La section théorique :

$$S = \frac{F}{\rho} = \frac{6\,800}{720} = 9{,}45\ cm^2.$$

Comme $l = 200\ cm$, il résulte que

$$\frac{Sl^2}{I} = \frac{9{,}45 \times 200^2}{I} \leqslant A = 5\,640$$

d'où
$$I \geqslant \frac{200^2 \times 9{,}45}{5\,640}\ 67\ cm^4.$$

Les tables donnent pour le moment d'inertie d'un fer ʟ de 70 × 70 × 9 *mm*

$$I = 22{,}07\ cm^4.$$

La section est donc insuffisante pour le flambage.

En outre, cette section qui est de 11,9 cm^2 est trop grande pour la résistance directe à la compression; il faut donc chercher une autre section plus favorable.

Prenons un fer ʟ de 90 × 90 × 13 dont la section est de 21,6 cm^2, celui-ci donne

$$I = 66{,}88\ cm^4$$

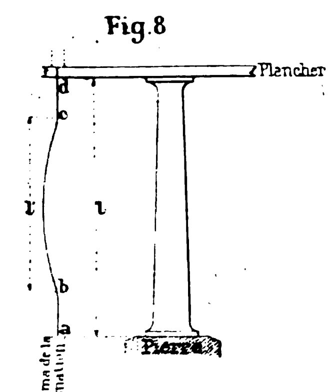
qui pourrait à la rigueur suffire.

Prenons, au contraire, quatre fers de 45 × 45 × 5 et disposons-les en croix en laissant entre deux ailes voisines un vide de 1 *cm*.

Ces quatre fers ont chacun une section de 17 cm^2 et nous donnent

$$I = 88\ cm^4$$

c'est-à-dire un profil plus léger, suffisamment sûr et plus stable qu'un seul fer cornière.



II. — *Calculer la section circulaire d'une colonne de fonte étant donné :*

$E = 14{,}10^5\ kgcm^{-2}$

$\tau = 8.10^3$

$n = 8$ (coefficient de sécurité)

et le poids $F = 56\,000\ kg$ *agissant sur le chapiteau* (fig. 8).

Cette colonne est à demi-encastrée et se déforme comme l'indique la figure; elle conserve droites les parties *ab* et *cd* se déformant seulement en la partie *bc*.

Considérons-la comme librement appuyée à ses deux extrém
et faisons par estimation,

$$l' = 0{,}7\ l.$$

Dans notre cas : $l = 632\ cm,$

donc $l' = 442\ cm.$

La théorie nous donne la condition

$$\frac{l'^2 S}{I} < \frac{\pi^2 E}{\tau} = A = 1\,425.$$

En désignant par e l'épaisseur de la section annulaire, n
avons :

$$S = 2\pi re$$

et $I = \pi r^3 e.$

La condition devient alors :

$$\frac{l'^2 2\pi re}{\pi r^3 e} < 1\,425,$$

c'est-à-dire que $\frac{2l'^2}{r^2} < 1\,425,$

d'où $r > l'\sqrt{\frac{2}{1\,425}}.$

Pour $n = 8$

$$\rho = \frac{\tau}{n} = \frac{8\,000}{8} = 1\,000\ kgcm^{-2}.$$

Le calcul à la compression donne alors :

$$S.1\,000 = 56\,000\ kg,$$

d'où $S = 56\ cm^2,$

dans le cas qui nous occupe :

$$r = 412\sqrt{\frac{2}{1\,425}} = 16{,}5\ cm.$$

et $e = \frac{56}{2\pi\,.\,16{,}5} = 0{,}545\ cm,$

ce qui n'est pas suffisant puisque, pour des colonnes en f
7 *mm* est une limite de e, à cause des difficultés d'exécution.

III. — *Excentricité de la charge.* — Si maintenant nous supposons que la force N soit excentrée de $d = 8$ *cm* par rapport à l'axe de la colonne, elle travaille à la flexion et nous avons :

$$\rho = \frac{N}{S} + \frac{M}{I:v}\frac{N}{S}\left(1 + \frac{dv}{i^2}\right),$$

dans laquelle $\frac{d}{i}$ représente l'excentricité, i représente le rayon de giration polaire $r = v$, nous aurons :

$$\rho = \frac{N}{S}\left(1 + \frac{2dr}{i^2}\right),$$

$$2\pi re\rho = N\left(1 + \frac{2d}{r}\right),$$

$$e = \frac{N}{2\pi r\rho}\left(1 + \frac{2d}{r}\right).$$

Pour $N = 56\,000,$

$r = 16{,}5,$

$\rho = 1\,000,$

et $d = 8,$

nous aurons $e = 1{,}09$ *cm.*

Observations. — 1° La résolution du problème antérieur nous fait voir l'avantage d'employer les méthodes modernes;

2° La théorie actuelle de la flexion est distincte de celle traitée par Lowe; celui-ci et les autres auteurs qui emploient pour le flambage des formules du même type, supposaient que le corps dans les conditions pratiques d'exécution ne pouvait jamais réaliser les conditions théoriques du prisme comprimé.

Il admettait donc l'excentricité de la force à laquelle était soumis le corps expérimenté.

Il résulterait de cette hypothèse que les essais étaient défectueux et que le corps eût dû se calculer à la flexion comme nous l'avons fait dans le cas qui nous occupe.

3° Comparons notre formule avec celle employée communément et appelée *formule de Lowe.*

La nôtre est :

$$\rho = \frac{N}{S}\left(1 + \frac{dr}{i^2}\right).$$

Dans le *Manuel de Huguenin*, la formule de Lowe est donnée sous la forme généralement usitée aujourd hui :

$$\rho = \frac{N}{S}\left(1 + \frac{\alpha l^2}{\iota^2}\right).$$

De la comparaison il résulte que, pour rendre identiques ces deux formules, il suffit de faire :

$$\alpha l^2 = dr,$$

d'où :

$$d = \frac{\alpha l^2}{r}.$$

La valeur du coefficient :

$$\alpha = \frac{1}{1\,000},$$

nous donne :

$$d = \frac{1}{1000} l \times \frac{l}{r} = \frac{1}{1000} \times \frac{l}{r : l};$$

de là il résulte que la formule de Lowe admet implicitement que l'excentricité est directement proportionnelle à la longueur de la colonne, et qu'elle est inversement proportionnelle à la maigreur de la colonne, si je puis m'exprimer ainsi.

Dans cette théorie, le corps résiste moins à la compression qu'à la traction uniquement à cause de l'excentricité de la force; or la théorie nous a fait voir que ce n'est pas du tout l'excentricité qui est cause du flambage et que, au contraire, si un prisme comprimé est en équilibre stable pour une force centrale il le sera *a fortiori* pour une charge excentrique (Voir note au chap. V).

Du reste, si l'on voulait appliquer la théorie de Lowe, il faudrait pour les mêmes raisons tenir en compte l'excentricité dans les prismes soumis à une traction et la théorie précédente conduirait exactement à la même formule que pour le cas de la compression. Évidemment il peut être utile dans certains cas de calculer ainsi, mais il me semble que cela n'a rien à voir avec le flambage des pièces comprimées : la théorie de Lowe est à côté de la question.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

CHAPITRE IX

ıction de la ligne élastique d'après W. Ritter.

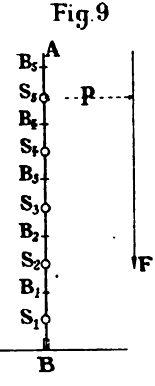
ıthodes graphiques se prêtent avec beaucoup d'élégance ;issement des points délicats de la théorie qui précède, ; temps qu'elles nous permettent de les étendre à des ıt la section transversale, et par suite le moment d'i- est pas constante.

ɔs considéré, que nous continuerons à appeler prisma- : extension, comme on le fait généralement en résistance iaux, devra avoir un axe principal de symétrie et les ,ransversales seront obtenues par des plans normaux à

ınc BA *(fig. 9)* un corps prismatique encastré en B et ; par une force F parallèle à l'axe, que posons excentrique, mais située à une fort petite P de l'axe.

ıs BA en éléments longitudinaux Δs et $s_2 \ldots s_5$ les centres de gravité de ces BB_1 ; $B_1B_2 \ldots B_4B_5$.

ɔns par $I_1 \ldots I_5$ les moments d'inertie des normales en $s_1 \ldots s_5$; nous supposerons moments diffèrent peu de $\frac{\int I ds}{\Delta s}$ pour lément; c'est-à-dire que les éléments se ınt assez courts pour que le moment ne varie pas beaucoup entre ces deux extrémités.



; premier élément, la rotation de la section s_1 due à la male F sera :

$$\theta_1 = \frac{M\Delta s_1}{EI_1} = \frac{Fp\Delta s_1}{EI_1}.$$

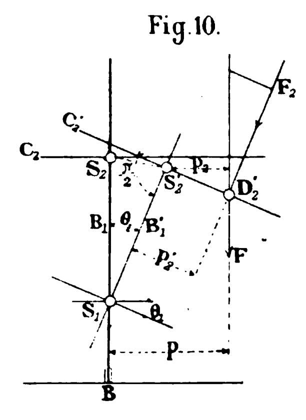
:otation sera appliquée en s_1 normalement au plan de la

figure et fera décrire au centre de gravité s_2 de l'élément su un arc de cercle :

$$s_2 s_2' = \theta_1 \cdot s_1 s_2 = \theta_1 \frac{\Delta s_1 + \Delta s_2}{2}.$$

La section $s_2 c_2$ vient occuper une position nouvelle (*fig. 1*(normale à $s_1 s_2'$ et le reste de l'axe du prisme se trouve situ(le prolongement de $s_1 s_2'$.

Fig.10.



Considérons maintenant l'effet (force F sur la partie du prisme s rieure à la section $s_2' c_2'$.

Cette force F coupe la section $s_2' c_2'$ e point D_2' et en ce point se décompo: deux : l'une F_2 normale à $s_2' c_2'$ et l'a située dans le plan de la section et nous ne nous occuperons pas ((tranchant).

Le moment de flexion dû à F_2 est (nous désignons par $p_2' s_2' D_2'$) et si appelons p_2 la distance de s_2' à F, aurons évidemment :

$$M_2 = F_2 p_2' = F p_2.$$

Le moment de flexion $M_2 = F p_2$ produit une rotation θ_2 (section $s_2' c_2'$ dont la valeur est :

$$\theta_2 = \frac{M_2 \Delta s_2}{EI_2} = \frac{F p_2 \Delta s_2}{EI_2}.$$

Le centre s_3 a occupé la position s_3' par la première rotatic maintenant par l'action de θ_2 il tournera autour de s_2' en décrivant un arc de cercle (*fig. 11*) :

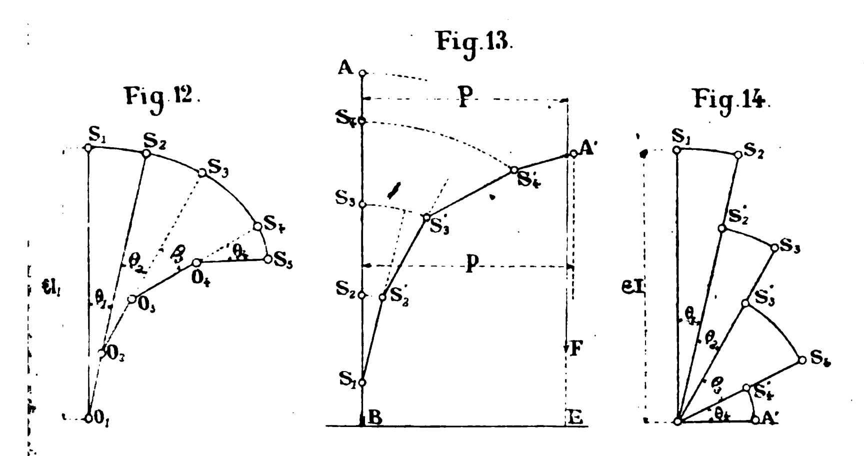
$$s_3' s_3'' = \theta_2 s_2' s_3' = \theta_2 \frac{\Delta s_2 + \Delta s_3}{2}.$$

Fig. 11.

En opérant de même, nous obtiendrons successivement la position finale de tous les points $s_1 \ldots s_5$ que nous désignerons par $s_1 \,.\, s_2' \ldots s_5^{IV}$ et le lieu géométrique de ces points sera la ligne élastique de AB déformée par l'action de la force F agissant en A avec le br levier p.

En résumé, la construction qui précède est la suivante :

D'un point O_1 quelconque du plan choisi comme pôle *(fig. 14)*, nous traçons un segment o_1s_1 parallèle à BS_1 *(fig. 13)* et égal à EI à une échelle déterminée en kilogrammes $\times$ centimètre carré,



ou bien, si l'on préfère, on prend o_1s_1 tel que multiplié par une base fixe en kilogramme $\times$ centimètres on obtienne E *kgcm*².

Du point o_1 comme centre avec o_1s_1 comme rayon, on décrit un arc de cercle sur lequel on prend à la même échelle :

$$s_1s_2 = Fp\Delta s_1 \ (kgcm^2).$$

L'angle $s_1o_1s_2$ est évidemment égal à θ_1.

Par le point s_1 on trace $s_1s'_2$ *(fig. 13)* parallèle à o_1s_2 et l'on abat s_2 en s'_2 sur cette droite obtenant par là un point de la ligne élastique cherchée.

Ensuite *(fig. 14)* on prend sur o_1s_2 une longueur $o_1s_2 = EI_2$ et sur l'arc de cercle s'_2s_3 décrit de o_1, comme centre on trace :

$$s'_2s_3 = M\Delta s_2 = Fp\Delta s_2.$$

L'angle s_2os_3 est θ_2.

On trace s'_2s_3 *(fig. 13)* parallèle à o_1s_3 et prenant $s'_2s_3 = s_2s_3$ on obtient s'_3 autre point de la ligne élastique.

En répétant la même construction on obtient facilement :

a) Le polygone de rotation S avec distance polaire variable;

b) La ligne élastique $Bs_1s'_2 ...$ A.

CHAPITRE X

Sur la construction exacte de la ligne élastiq

La méthode exposée dans le chapitre antérieur est due a fesseur M. W. Ritter qui l'a exprimée pour la première fois sa statique graphique (Zurich 1888).

Dans cette méthode il faut distinguer le procédé employé construire la ligne élastique, qui est entièrement générale d plication qu'en fait Ritter au cas particulier qui nous intéres qui diffère notablement de la théorie que nous établirons loin.

Le tracé de la ligne élastique nous permet, en général, soudre graphiquement des équations différentielles de la fo

$$\frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{F}{EI} f(xy),$$

dans le cas qui nous occupe,

$$f(xy) = y.$$

En outre, il est facile de donner une plus grande exactitu tracé en substituant aux élé de ligne droite des arcs de c

Fig. 15

Pour cela une fois construit l'

$$\theta = \frac{M\Delta s}{EI},$$

on construit ou calcule le ray courbure :

$$r = \frac{\Delta s}{\theta} = \frac{EI}{M},$$

et l'on décrit avec r pour ray arc de cercle de longueur Δs; en procédant de cette maniè obtient une série d'arcs de cercle *(fig. 15)* qui s'approchent encore de la vraie ligne élastique que le polygone tracé demment.

Plus loin nous reverrons ce procédé dans un but pur théorique

CHAPITRE XI

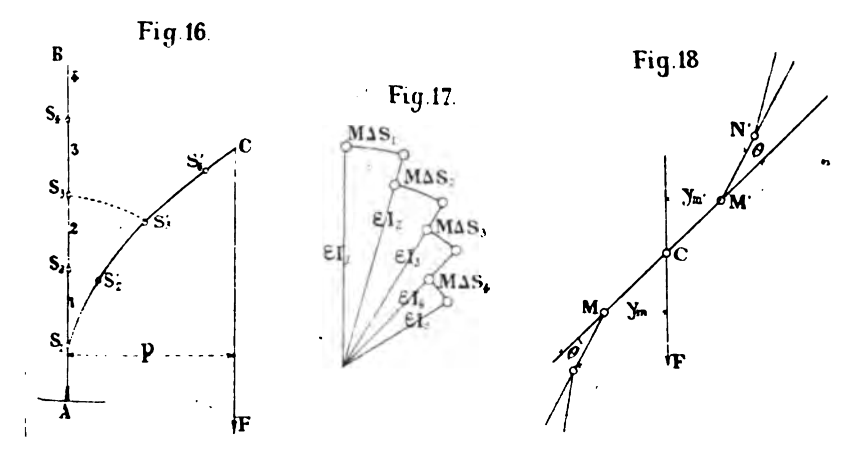
Propriétés géométriques principales de la ligne élastique.

Centres et axes.

La méthode que nous venons d'étudier nous permet d'établir les principales propriétés géométriques de la ligne élastique considérée dans son ensemble.

La connaissance de ces propriétés nous sera fort utile, car l'étude du fragment de courbe construite précédemment ne permet pas de se rendre compte dans toute sa généralité des véritables conditions d'équilibre d'une verge élastique, ni de résoudre avec précision le problème que nous traitons (*).

Au lieu d'une verge élastique de longueur déterminée, considérons une droite AB (*fig. 16*) qui représentera cette verge en-



castrée en A indéfinie dans le sens AB. Une force P agit à une distance p et parallèlement à AB.

Construisons par une des méthodes indiquées la ligne élastique AC avec ses différents éléments $As'_1s'_2$... et supposons qu'elle coupe en C la droite F et que le point d'intersection tombe par exemple dans le 5e Δs.

La direction de l'élément Δs_5 en C ne dépend pas de la manière dont nous avons divisé la verge AB pour faire notre cons-

(*) Pour les formes typiques de la ligne élastique au point de vue analytique. Voir Halphen, *Théorie des fonctions elliptiques*, 2e volume, et L. Saalschütz, *loc. cit.*

truction, l'angle que fait la ligne élastique avec la force F qui la détermine est évidemment indépendant à cette construction.

En C le moment de F est nul, la courbure en ce point

$$\frac{1}{r} = \frac{M\Delta s}{EI} = o,$$

ce qui indique que c'est un point d'inflexion de la ligne élastique.

Si sur la tangente en C *(fig. 18)* nous choisissons deux points M et M' très rapprochés de C et situés de part et d'autre de ce point, les moments de F, par rapport à ceux-ci sont :

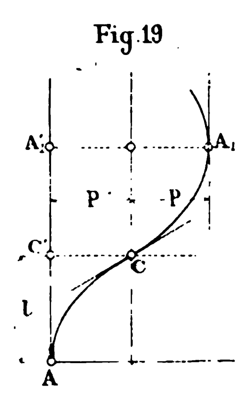
$$Fy_m = - Fy_{m'}$$

égaux et en sens opposé; par suite les courbures de la ligne élastique en M et M' seront aussi égales et opposées de sens, et l'élément qui suit M' fait avec Δs_5 un angle θ égal et contraire à l'angle θ que fait avec Δs_5 l'élément qui précède M. Si maintenant sur ces éléments nous choisissons deux points N*y*N' tels que

$$MN = - M'N',$$

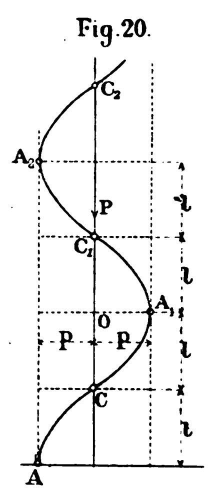
nous pourrons, par ces deux points, répéter le raisonnement antérieur et démontrer que les courbures en N et N' sont égales et contraires.

Donc, en répétant pour d'autres points le même raisonnement nous arriverions à démontrer que : le point d'inflexion C, le point où la ligne élastique coupe la force F qui la détermine, est un centre de la ligne élastique cherchée.



Cette courbe se composera donc de la partie AC et de la partie CA_1 *(fig. 19)* symétrique de AC par rapport au centre C, dans laquelle A_1 est symétrique de A ; par symétrie la tangente en A_1 est verticale ainsi qu'en A et si nous traçons la droite $A_1A'_1$ normale à AB, celle-ci sera normale à la courbe en A_1, et sera un axe de symétrie parce qu'en A'_1 toute la figure est la même qu'en A seulement, que la force F est à la gauche de A_1 à la distance p tandis que en A elle se trouve à la même distance à la droite de A

La courbe élastique est, par conséquent, une courbe périodique (*fig.* 20) qui a une infinité de centres $C, C_1, \ldots$ situés tous sur la force F à une distance $2l$ l'une de l'autre; l étant la hauteur de C sur l'horizontale en A, et, en outre, une infinité d'axes de symétrie qui sont les normales aux points milieux de deux centres consécutifs C_1, C_1, C_2, etc.



La courbe est comprise tout entière entre la droite AB et la verticale de A_1, située à la distance $2p$ de l'antérieure.

L'horizontale en A est un axe de symétrie, de sorte que cette courbe a toujours un axe réel et, par suite, tous les axes le seront également.

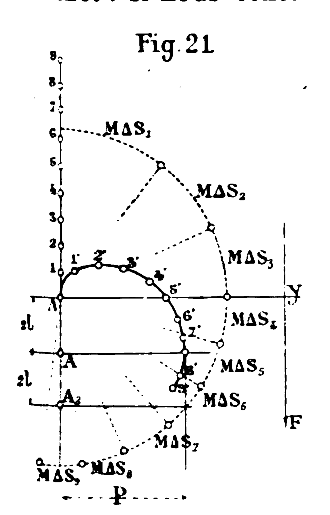
Il n'en est pas de même de tous les centres.

CHAPITRE XII

Ligne élastique sans centres réels.

Nous avons supposé que la courbe élastique et la force F avaient un point réel commun C, mais il n'en est pas toujours ainsi.

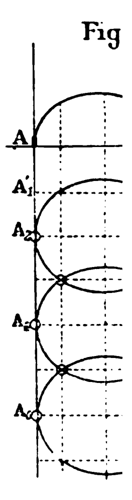
En effet : si nous construisons le polygone des $M\Delta s$ avec une distance polaire EI, il peut arriver que les $M\Delta s$ soient assez grands, c'est-à-dire F assez éloigné pour que la succession des $M\Delta s$ sur le cercle directeur nous donne une longueur plus grande que la demi-circonférence πEI avant d'arriver à F; dans la figure 21, cela se produit; $M\Delta s_8$ se termine sur la circonférence, un peu avant la verticale inférieure à A (centre du cercle) et $M\Delta s_9$ un peu après.



Les éléments Δs_8 et Δs_9 de la ligne élastique se trouvent donc le premier un peu incliné vers le bas et à droite, alors que Δs_9 l'est vers la gauche : les normales aux

milieux de Δs_8 et Δs_9 se coupent en un point Ω (*fig.* 2
de courbure de l'élément Δs_8 . Δs_9 et le cercle tangent
décrit de Ω comme centre s
avec l'élément de la courbe
l'horizontale passant par Ω
arc de cercle en un point A_1, qui est un sommet de la courbe, ΩA_1 étant un axe de symétrie ; donc la tangente en A_1 est verticale et les mêmes raisonnements que précédemment s'appliquent également pour ce cas-ci.

Fig. 22.



ΩA_1 coupe AB en A'_1 à la distance $A_1A'_1 = 2p$.

La courbe est périodique, sans centres réels; elle a une infinité d'axes de symétrie horizontaux équidistants ($2l$) A_1, A'_1, A_2, A'_2... (*fig.* 23) et est comprise tout entière entre AB et la vert
sant par A_1.

C'est la forme typique d'un ressort en boucle s'enr
lui-même.

CHAPITRE XIII

Ligne d'équilibre.

Formes typiques de la ligne élastique.

Outre la ligne élastique *e*, il nous importe de connaît
j'appellerai la *ligne d'équilibre* ε qui est le lieu géomét
points C, quand la force F, constante, se meut parall
elle-même dans le plan de la figure.

Cette courbe est évidemment symétrique par rapport
coupe en un sommet réel *e* (*fig.* 24) parce que, si nous
p très petit, comme *e* ne peut avoir de point d'inflexion
per F (moment nul) elle devrait se replier sur elle-mêm
pas couper F; et faisant décroître *p* vers zéro, il résulte
limite qu'une force F produit un point de rebroussem
lement possible pour un moment d'inertie nul, c'est-à-

une verge discontinue ce qui est contraire à notre hypothèse sur sa nature.

Donc e et F doivent se couper pour p très petit et à la limite le point E est réel.

En construisant la ligne d'équilibre, on voit qu'elle se compose des points $C_1, C_2, C_3 \ldots$ et doit avoir une certaine assymptote verticale Iα, qui sépare les F correspondants aux e avec centre réel des autres.

Fig 24.

Les forces comprises entre AB et Iα nous donnent des courbes e avec centre réel. Les autres forces du plan nous donnent d'autres courbes e en forme de boucle, sans centre réel.

Fig. 25.

Si on fait varier la distance p depuis zéro jusqu'à $+\infty$, on voit qu'au commencement e diffère très peu de AB; après, elle prend une forme sinusoïdale dont les ondulations sont d'autant prononcées que la force F s'éloigne plus de AB, jusqu'à produire une tangente horizontale réelle qui n'existait pas auparavant.

Fig. 26

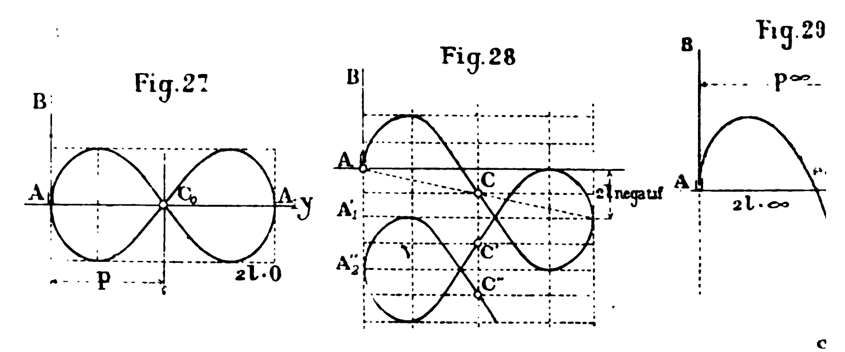
Ensuite e se courbe toujours plus; la tangente horizontale h se rapproche plus de Ay et finalement se confond avec Ay.

La courbe prend la forme (*fig. 25*) d'un ressort plié sur lui-même; c'est une courbe qui a une infinité de contacts avec elle-même.

Les tangentes doubles sont des axes de symétrie.

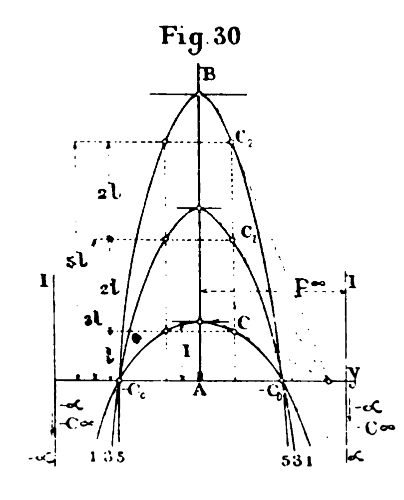
En éloignant encore plus F, e se courbe davantage et a des points doubles, deux sur chaque axe de symétrie (*fig. 26*). Dans

toutes ces formes C est au-dessus de Ay mais baisse continue
ment à mesure que F s'éloigne de AB; quand C arrive sur Ay
C_0 *(fig. 27)*, tous les axes de symétrie se confondent en un s



Ay, tous les centres tombent en C_0 et les sommets les uns ave
et les autres avec A_1. La courbe est fermée et semble apériodi
parce qu'elle fait une infinité de révolutions sur elle-même.

Quand F s'éloigne, la courbe s'ouvre, se développe de nouve
prenant la forme de la figure 28. C tombe au-dessous de Ay
s'éloigne jusqu'à ce que la courbe *e* arrive à la forme asymp
tique, quand C est à l'infini *(fig. 29)*, dans ce cas, *e* semble n
vellement apériodique dû à
que tous les centres, axes et
riodes tombent à l'infini; n
appellerons $p\infty$ la distance d
pour laquelle cette forme $e\infty$
produit.



Éloignons encore plus F;
centres C deviennent tous im
ginaires; les boucles d'ab
infiniment grandes diminu
(fig. 23); $2p$ et $2l$ deviennent t
jours plus petits jusqu'à ce q
finalement, les distances $2p$
$2l$ deviennent nulles quand F
à l'infini; alors *e* se comp
d'une infinité de petits cercles de rayon nul dont l'infinie s
cession semble former le point A et une droite inférieure AB

Considérant les choses de plus près, on voit, en outre, qu
courbe d'équilibre ε *(fig. 30)* se compose d'une infinité de branc
en effet : à chaque centre C dont l'ordonnée est *l* correspond

autre centre C_1 dont l'ordonnée est $3l$, un autre dont l'ordonnée est $5l$, etc..., tous sur la même verticale, de sorte que $C, C_1, C_2, \ldots$ décrivent une série de courbes affines (ou alliées) dont les paramètres sont 1, 3, 5, etc., et l'axe d'affinité est la droite Ay; toutes ont les mêmes assymptotes $\pm I\alpha$ et coupent l'axe Ay en $\pm C_0$.

Cet ensemble est une seule courbe transcendante, mais dégénérée en un faisceau de courbes affines ou alliées.

Dans ce qui suit, nous considérerons seulement la branche de ε qui a pour paramètre 1.

CHAPITRE XIV

Trajectoires.

Soient E (*fig. 31*) le sommet de la ligne d'équilibre ε sur AB, et M un point de AB situé au-dessus de E, c'est-à-dire qui ne sépare pas A de E.

Si nous faisons mouvoir la force F parallèlement à elle-même et varier p depuis o jusqu'à ∞, M prendra certaines positions M′ et décrira une trajectoire t; cette courbe aura en M une tangente horizontale, par symétrie; chaque point M de la verge élastique qui fléchit sous l'action de F, décrira sa trajectoire, enfermée évidemment tout entière dans le cercle de centre A et de rayon AM.

Fig. 31.

Pour $p = o$, M′ tombe en M.

Pour $p = p_\infty$, M′ tombe en M_∞ sur la courbe apériodique e_∞, et pour p plus grand, M ira en se rapprochant de A sur des courbes en forme de boucle chaque fois plus resserrée, jusqu'à arriver en A pour $p = \infty$.

Ainsi, la courbe t qui commence hors de ε, se ferme dans l'intérieur de cette courbe et doit la couper au moins en deux points M, M′ situés à des distances de A moindres que AM et symétriques par rapport à AB.

Si nous choisissons, au contraire, un point N entre A et E, sa trajectoire t aura une tangente horizontale en N, sera fermée à l'intérieur du cercle de rayon AN et se trouvera dans l'intérieur de ε, pour le moins dans le voisinage immédiat de AB.

CHAPITRE XV

Équilibre stable et instable de la verge élastique

Supposons maintenant que la force F soit liée invariablement : un point M de la verge élastique plus éloigné de A que E, c'est à-dire qu'elle soit constante en intensité et direction, mais obli gée à agir toujours au même point de la poutre AB droite o déformée.

Dévions un peu AB de sa position verticale vers la droite, d façon à porter M en M′ sur la trajectoire de M en appliquant l force F en E′ (*fig. 32*); la ligne élastique est e', et comme E′ est so centre, M′ tombera à la droite de E plus loin de AB que E′.

Fig. 32

Si maintenant nous appliquons l en M′, nous augmenterons les mo ments de flexion de la quantité $F\delta p$ (δp étant la distance de F'_e à $F'_m = y'_m - y'_e$), donc la ligne élastique s'incli nera plus vers la droite, E′ se dirigera dans le même sens et nous obtien drons de nouvelles positions e'', M″, E″ sur lesquelles nous pourrons répéter le raisonnement qui précède, la ligne élastique ne cessera pas de dévier vers la droite jusqu'à ce que E arrive en E_m, intersection de ε avec t_m; dans cette position, la force F appliquée en E_m ($\equiv$ M) maintiendra la verge déformée en équilibre, l'obligeant à former précisément la ligne élastique e_m qui passe par E_m.

Nous voyons que si la force F est appliquée à la verge AB en un point plus éloigné de A que E, celle-là ne se trouvera pas en équilibre stable, puisque, pour peu qu'on dévie AB de sa position verticale, elle n'y reviendra pas si on l'abandonne à elle-même, mais cherchera en e_m une forme d'équilibre stable.

Au contraire, si nous supposons F agissant en un point N à l'intérieur de ε et que nous raisonnions de la même manière, si, au lieu de maintenir F en E nous l'appliquons en N′ qui se trouve à la gauche de E′, nous diminuons les moments de flexion, la verge se redresse et prend une autre position e'' et les points N′ et E′ se rapprochent de AB.

Répétant en e'' le raisonnement déjà fait, nous verrons que la ligne élastique continuera à se redresser jusqu'à arriver à se confondre avec la droite AB.

Cela veut dire que si F agit en un point situé entre A et E, la verge sera en *équilibre stable*, puisque si on la dévie un peu de la position droite et qu'on l'abandonne à elle-même, elle revient à sa position primitive.

Comme transition, nous remarquons qu'au point E les deux courbes ε et t se confondent sur un élément infiniment petit, puisque toutes deux ont en E une tangente horizontale commune; de là, nous déduisons que, si on dévie un peu AB de la verticale et si on applique en E la force, elle se trouve en équilibre de même qu'avant la déviation, l'équilibre est *indifférent*.

On voit donc avec toute clarté que : si l'on applique la force F en un point M de l'axe, de manière à comprimer la verge élastique, celle-ci sera en *équilibre stable, si* AM *est plus petit que* AE*; indifférent si* AM *est égal à* AE, *et instable si* AM *est plus grand que* AE.

L'Ingénieur a besoin de connaître cette longueur AE pour résoudre ses problèmes de résistance, c'est-à-dire de tracer la tangente horizontale au sommet de la ligne d'équilibre ε; en outre, il lui sera nécessaire de résoudre le problème inverse :

Étant données une force et la longueur d'une colonne ou verge élastique, déterminer ses sections de manière que sa longueur soit précisément égale à AE.

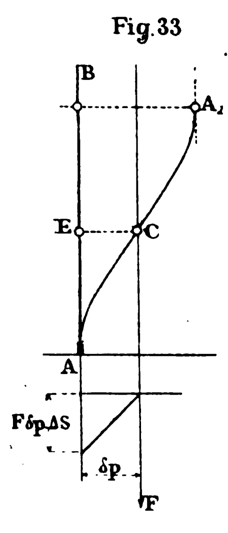
Nous nous occuperons de ce problème dans les chapitres suivants.

CHAPITRE XVI

Détermination analytique du point limite d'équilibre stable.

Pour déterminer le point limite d'équilibre stable E, il nous suffirait de tracer une ligne élastique e correspondante à une valeur de p infiniment petite, égale à δp par exemple; le centre C de cette ligne sera précisément le point E cherché ou, pour le moins, se trouverait sur la tangente à ε au point E à une distance infiniment petite de celui-ci *(fig. 33)*.

Analytiquement, la solution de ce problème est la su
L'équation de e est :



$$\frac{y''}{(1+y'^2)^{\frac{3}{2}}}=\frac{Fy}{EI}$$

comme δp est infiniment petit.

$$y'=\frac{dy}{dx}$$

doit l'être également, de sorte que paraît dans l'équation (1) et celle-ci duit à :

$$\frac{d^2y}{dx^2}=\frac{F}{EI}y.$$

Il suffit donc d'intégrer cette éq différentielle dans laquelle :

$$I=f(x)$$

pour obtenir la valeur de x correspondante à C, c'est-à-(valeur de AE.

Quand I est constant, l'équation antérieure se réduit à que nous avons intégrée au commencement de cette étude voit que : *pour* I *constant, la solution obtenue :*

$$l=\frac{\pi}{2\alpha}\quad\left(\alpha=\sqrt{\frac{F}{EI}}\right)$$

est *mathématiquement exacte* et non seulement approchée, c on aurait pu le croire, en vue du procédé employé pour la tr

Mais dans beaucoup de problèmes, les plus intéressants présentent à l'Ingénieur, I n'est pas constant, ni même co de façon que l'intégration de (1) devient très difficile et impossible dans beaucoup de cas.

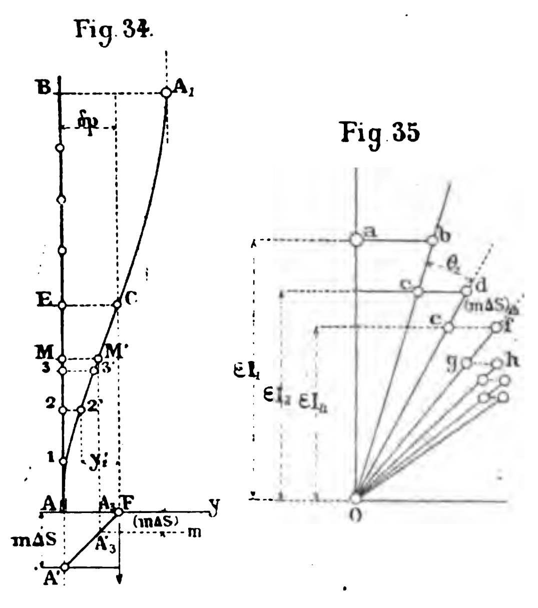
CHAPITRE XVII

Détermination graphique du point de limite

Nous emploierons donc un procédé graphique pour trou (*fig. 34 et 35*).

Soit δp une longueur infiniment petite; prenons un pôle

çons *oa* parallèle au premier élément Δs et sur le cercle décrit de *o* comme centre avec $oa = EI_1$ pour rayon, prenons à partir de *a* un arc *ab* égal à $M\Delta s$, c'est-à-dire égal à $F\delta p\Delta s$; Δs étant infiniment petit, le point *b* se trouvera sur la tangente en *a* au cercle considéré, c'est-à-dire sur l'horizontale de *a* à une distance infiniment petite de ce point.



Par conséquent *aob* sera égal à θ qui n'est autre que l'angle dont a tourné l'élément 1—2 autour de 1.

Dans ce mouvement, le point 2 vient en 2', et comme la trajectoire est symétrique par rapport à AB et sa tangente horizontale en 2, il résulte que 2' se trouve sur l'horizontale de 2; répétons le même procédé avec 2'; le moment de flexion en 2' est :

$$Fy_{2'}.$$

Si sur AB nous prenons un segment :

$$AA' = F \cdot \delta p \cdot \Delta s,$$

et que nous joignions A' au point F, intersection de la force F avec Ay, les droites Ay et A'F déterminent sur la verticale de 2' un segment $A_2A'_2$ égal à $Fy'_2\,\Delta s$, comme nous l'avons vu antérieurement, résultat évident aussi par la similitude des triangles FAA' et $FA_2A'_2$.

Prenons $Oa' = EI_2$ et de O comme centre avec *oa* comme rayon, décrivons un arc de cercle sur lequel nous prendrons à partir de *c* le segment :

$$cd = Fy'_2\,\Delta s = A_2A_2,$$

l'angle *cod* est l'angle θ_2 dont a tourné l'élément 2-3 autour de 2'. Mais comme l'angle θ_2 est infiniment petit de même que $A_2A'_2$, il résulte que *cd* se trouvera sur la tangente en *a'* au cercle de centre *o* et de rayon *oa'*, c'est-à-dire sur l'horizontale de *a'*.

Le point 3′ de la verge élastique se trouve sur l'horizontale d 3 puisqu'il s'agit de mouvements infiniment petits, et que la tan gente à la trajectoire de 3 en 3 est précisément cette horizontale

Si nous répétons ce même raisonnement, nous voyons que l construction de la ligne élastique par déformations finies qu nous avons étudiées avant, se simplifie quand il s'agit de défor mations infiniment petites.

Le polygone des MΔs qui se composait d'une série d'arcs d cercle, se réduit à une série de segments de droites horizontale dont les distances au pôle *o* sont précisément les EI.

Si nous coupons le faisceau *o* (*abc*...) par une horizontale *x* (*fig.* 36) dont la distance à *o* est 1, les rayons projectants, interceptent sur celle-ci des segments tels que :

$$\frac{\theta_1}{1} = \frac{ab}{EI_1}; \quad \frac{\theta_2}{1} = \frac{cd}{EI_2},$$

c'est-à-dire des longueurs proportionnelles aux angles θ_1; θ_2... dont les éléments de la ligne élastique ont successivement tourné,

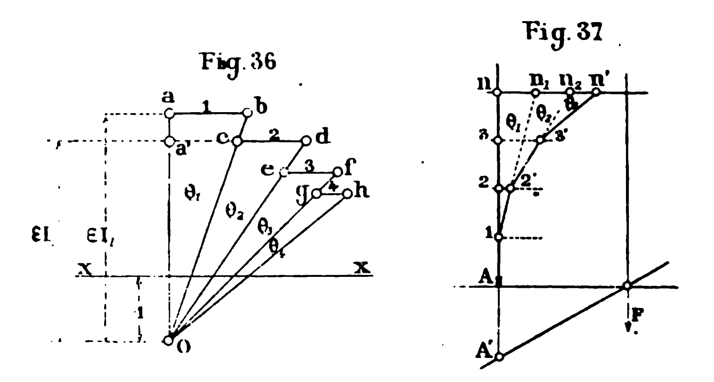


Fig. 36

Fig. 37

c'est-à-dire aux rotations infiniment petites qu'ont effectuées ces éléments.

Les côtés consécutifs du polygone funiculaire A, 1, 2′, 3′...n′ (*fig.* 37) font entre eux ces mêmes angles, de sorte que le déplacement horizontal *nn′* d'un point *n* est le segment intercepté entre le côté qui précède et celui qui suit le groupe de rotation θ_1, θ_2... θ_n supposées rabattues horizontalement dans le plan de la figure, c'est le moment de ce groupe par rapport à la droite *nn′*; c'est la translation de la droite *nn′* sur elle-même par suite des différentes rotations appliquées en 1, 2...*n*, somme géométrique des moments par rapport à *nn′* de θ_1, θ_2...θ_n. En un mot, la ligne élastique

1, 2', 3'...n' est un funiculaire pour les rotations $\theta_1, \theta_2 \ldots \theta_n$, propriété bien connue et usitée constamment en élasticité depuis Culmann.

CHAPITRE XVIII

Changement d'échelle.

Cela posé, les rotations θ ne dépendent pas de l'échelle du dessin; une fois connues, nous pouvons dessiner le funiculaire *e* (*fig. 37*) à une échelle quelconque; les moments 22', 33'...*nn'* varieront de grandeur sur le dessin selon l'échelle que nous aurons adoptée et selon la distance polaire $0x$ que nous aurons choisie, mais si nous conservons fixe le premier côté et constante la direction $0x$, les funiculaires obtenus seront des figures alliées (affines) entre elles; elles auront A — 1 pour axe d'affinité; si nous varions les dimensions transversales (horizontales) du dessin, la distance δp variera dans la même proportion que les moments et avec elle :

$$AA' = F\delta p\Delta s,$$

et la droite FA' restera toujours parallèle à elle-même.

Il nous est donc facile de construire, non la ligne élastique, mais un funiculaire allié avec elle en augmentant dans une proportion quelconque l'échelle; nous obtiendrons au lieu de déplacements infiniment petits des longueurs finies et de même δp sera fini.

CHAPITRE XIX

Construction du point E.

Parallèlement à AB à une distance arbitrairement choisie $\delta p = p$ traçons une droite (*fig. 38*); divisons notre verge élastique en segments très petits Δs égaux; calculons $Fp\Delta s$ et prenons AA' égal à cette valeur mesurée à une certaine échelle.

A la même échelle et sur une parallèle à A1 prenons à partir du pôle O (*fig. 36*) une longueur : (*)

$$Oa = EI_1.$$

(*) Les EI sont des kilogrammes × centimètre carré, puisque :

$$E = [kgcm^{-2}] \quad \text{et} \quad I = [cm^4],$$

les $Fp\Delta s$ seront des kilogrammes × centimètre carré, l'échelle sera :

$$1\ cm = n\ kgcm^2.$$

et par le point *a* traçons une horizontale sur laquelle nc surerons :

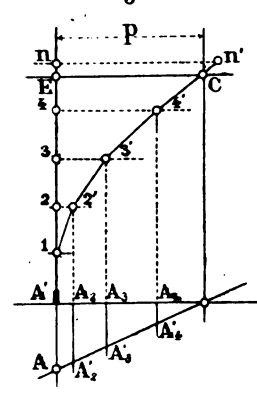


Fig. 38.

$$ab = AA' = Fp\Delta s.$$

Cela équivaut à augmenter l'échel en la proportion $\left(\frac{F}{\delta p}\right)$ comme dans truction antérieure ; ensuite traço parallèle à *ob* laquelle coupe l'hori de 2 en 2′, abaissons la verticale de 2′ et nous obtiendrons le segment $A_2A'_2$ (augmenté dans la même proportion que 22′) intercepté sur elle par FA et FA′ tel que :

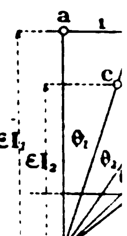


Fig 3

$$A_2A'_2 = (M\Delta s) \text{ (à l'échelle)}.$$

Prenons sur O*a* (*fig. 39*) :

$$Oa' = EI_2,$$

traçons l'horizontale *a′cd* qui coupe O*b* en *c* et faisons :

$$cd = A_2A'_2,$$

cod est l'angle θ_2 amplifié ; la parallèle 2′ 3′ à *od* coupe l'h tale qui passe par 3 en 3′ qui est un sommet du funi cherché.

En opérant de la même manière, nous tracerons tout l culaire 1, 2′, 3′, 4′...*n*′ et nous obtiendrons finalement un qui coupe la verticale de F en un point C dont la project AB est *précisément le point* E *cherché*.

En outre, le point C est un point d'inflexion de la ligne éla alliée de la ligne élastique à déformation infiniment pet nous devrions construire pour δp ; nous connaissons un et un centre et nous pouvons construire toutes ses périodes nous l'avons fait pour la ligne élastique correspondante déformations finies.

CHAPITRE XX

Problèmes du pilier élastique.

ɪᴇᴍɪᴇʀ ᴘʀᴏʙʟèᴍᴇ. — La méthode que nous venons d'exposer net de résoudre le problème inverse qui n'a pas encore été lu à ma connaissance.

'ant donnée une verge élastique, colonne ou pilier de sections variables inues, déterminer la charge à laquelle elle peut résister avec une ité déterminée?

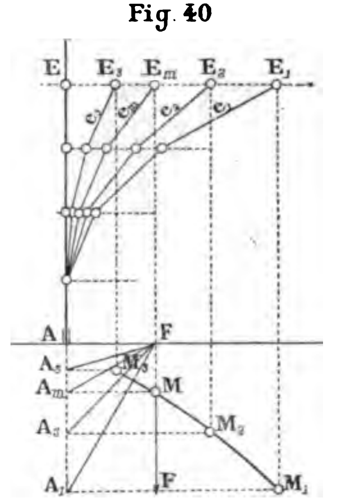
ur une force F que nous choisirons arbitrairement mais de ère qu'elle s'approche de la solution cherchée, chose toujours pour une colonne ou pilier de dimensions données, nous ruisons un funiculaire e correspondant à une distance p arbi-ement choisie. Pour le faire, nous lons $Fp\Delta s$, prenons

$$AA_1 = Fp\Delta s$$

chelle des EI et avec FA_1 comme trice construisons e_1 comme il a ndiqué précédemment.

tte ligne élastique e_1 (*fig. 40*) coupe izontale qui passe par E en un E_1 situé par exemple à la droite l'horizontale qui passe par A_1 et rticale par E_1 se coupent en M_1. us répétons la même opération une ou deux forces F_2F_3 (*) jus-trouver un funiculaire e_3 qui EE_1 en un point E_3 situé à la e de F.

Fig. 40



courbe qui unit les points M_1, M_2, M_3 ... coupe la force F certain point M dont l'horizontale coupe AB en A_m et il est que la force dont la valeur est

$$F = \frac{AA_m}{p\Delta s}\left[\frac{kgcm^2}{cm^2}\right] = [kg]$$

(*) forces F_2, F_3 ont la même ligne d'action que F, mais en diffèrent par l'intensité, enons ainsi des segments

$$AA_2 = F_2p\Delta s \qquad AA_3 = F_3p\Delta s$$

oites FA_1, FA_2, FA_3 ... sont les directrices de la construction.

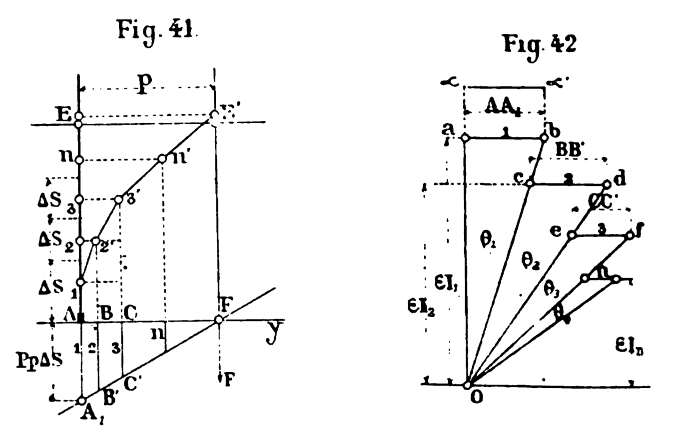
est précisément celle qui nous donnera un funiculaire e_m qu
pera la force F en un point E_m sur l'horizontale de E. Si la c
M ... M_3 est bien tracée, cela doit arriver avec une approxin
que l'on pourra obtenir aussi grande que l'on voudra.

La force F divisée par le coefficient de sécurité donné p
construction dont il s'agit est celle que peut supporter la col

2e Problème. — *Étant donnée une force* Q, *déterminer les dim que l'on doit donner à un pilier de longueur* l *pour qu'il la su avec une sécurité* n.

Prenons $F = \frac{Q}{n}$ et procédons comme il suit *(fig. 41)*; t
AE $= l$ et F parallèle à AE et à une distance arbitrair
choisie p.

Divisons AE en éléments Δs égaux entre eux. L'horizonta
passe par E et la verticale F se coupent en E'. Par les poi
et A faisons passer une courbe quelconque *e tracée d'une complètement arbitraire*, comprise dans l'intérieur du triangle



et soumise seulement aux restrictions d'être tangente à AE
et de ne pas avoir de point d'inflexion entre A et E'.

Soient 1, 2, 3 ... n les centres de gravité des segments Δs;
horizontales coupent la courbe aux points 1'2' ... n'.

Choisissons un pôle quelconque O *(fig. 42)* et par ce poin
çons un faisceau de droites parallèles à A1, 1, 2', 2'3' ... n

Calculons ensuite la valeur $Fp\Delta s$ et choisissons une é
pour les $kgcm^2$ de manière à représenter $Fp\Delta s$ par une longue
joignons A_1 avec F point d'intersection de F avec Ay et
minons les segments 2 . 3 ... n interceptés par FA et FA,

verticales de 2′, 3′, ... n'; intercalons entre les rayons du faisceau o des horizontales précisément égales à ces segments; par exemple, prenons une longueur $\alpha\alpha$ égale à AA_1 sur une horizontale par un point quelconque α de Oa; la parallèle à Oa qui passe par α' coupe Ob, de façon que

$$ab = AA_1.$$

De la même manière, nous trouverons:

$$cd = 2, \qquad \text{etc.}$$

Les distances des horizontales ainsi tracées au pôle o, mesurées à l'échelle $AA_1 = Fp\Delta s$ [$kgcm^2$], représentent les valeurs de EI_1, $EI_2 ..., EI_n$.

Divisant ces valeurs respectivement par celles des E qui leur correspondent (généralement E est constant), on obtiendra des valeurs $I_1 ..., I_n$; en choisissant un type de section (ronde, carrée, etc.), on obtiendra facilement ses dimensions.

Pour que le pilier soit rationnel et économiquement construit, les valeurs de I doivent aller en diminuant de la base au centre E; si, par exemple, on avait des I plus grands, puis plus petits, ensuite d'autres plus grands, il serait facile de modifier la forme de e de manière à remplir cette condition.

Pour cette raison, il est bon de procéder élément par élément et de ne pas tracer immédiatement toute la courbe e, mais seulement ses deux ou trois premiers éléments une fois que la condition de continuité des I est bien satisfaite.

On continue à tracer e jusqu'à arriver au dernier élément.

CHAPITRE XXI

Cas de la ligne élastique parabolique.

Un problème très intéressant serait le suivant:

Déterminer e de telle manière que le matériel *employé pour le pilier soit minimum*, ou bien de manière que la somme des I soit minimum.

Je crois que ce problème n'a pas encore été résolu (*); mais il

(*) La solution graphique antérieure et le problème suivant montrent clairement qu'il s'agit d'un problème de « variations », qui peut se poser comme suit: « Déterminer la courbe e de façon que $\int_B^A S ds$ soit minimum ».

y a un cas intéressant qui se traite avec facilité, c'est q
courbe *e* est une parabole du second degré *(fig. 43)*.

Soit $$y = ax^2$$

l'équation de cette courbe, l étant la longueur de la ve
manière que:

$$x = l;$$
$$y = p = al^2.$$

Calculons comme toujours:

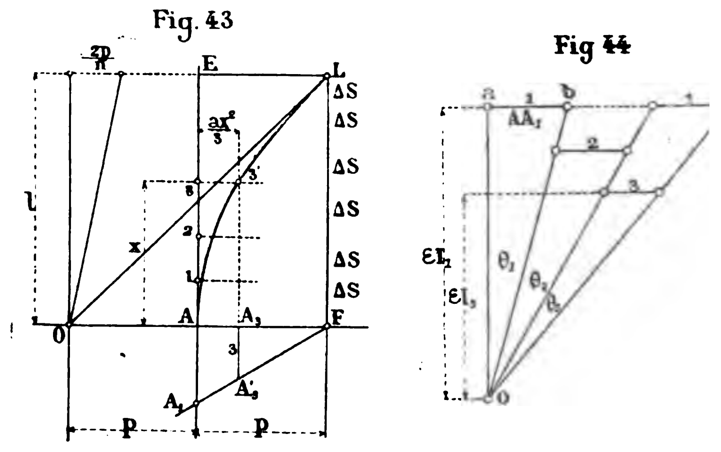
$$AA' = Fp\Delta s,$$

et supposons que $$\Delta s = \frac{l}{n},$$

c'est-à-dire que l soit divisée en n parties égales.

Fig. 43

Fig 44



Si d'un pôle *o* *(fig. 44)* nous traçons un faisceau de ray
rallèles aux tangentes de la parabole, une horizontale quel
le coupe en une série de points équidistants, donc les
$\theta_1, \theta_2 \ldots, \theta_n$ sont tous égaux.

Intercalons $AA_1 = ab = 1$ entre les deux premiers rayons,
les deux seconds, etc.; on a évidemment:

$$\frac{EI_3}{EI_0} = \frac{3}{1} = \frac{FA_3}{FA},$$

mais $$FA = p = al^2,$$

et $$FA_3 = p - AA_3 = al^2 - ax^2 = a(l^2 - x^2);$$

de sorte que nous avons:

$$\frac{EI_3}{EI_0} = \frac{l^2 - x^2}{l^2},$$

ou bien : $$EI_3 = EI_0\left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right),$$

et si E est une constante :

$$I_3 = I_0\left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right). \tag{2}$$

Cette équation nous fait voir que I varie entre A et E comme les ordonnées d'une parabole (*fig. 45*) dont l'axe est AF, l'ordonnée en A est I_0 et la parabole passe par E, puisque pour :

$$x = o,$$
$$I_x = I_0;$$

et pour
$$x = l,$$
$$I_x = o.$$

Fig. 45.

Il est donc facile de calculer la valeur de I_x.

Observons pour cela que les tangentes de la ligne élastique parabolique qui limitent le premier élément Δs font un angle dont la tangente est égale à :

$$\frac{2p}{ln}.$$

Nous avons alors dans la figure :

$$\frac{ab}{EI_0} = \frac{AA_1}{EI_0} = \frac{2p}{ln},$$

ou bien :

$$EI_0 = \frac{ln}{2p} AA_1 = Fp\Delta s \frac{nl}{2p} = EI_0 = Fp \frac{l}{n} \times \frac{nl}{2p} = \frac{Fl^2}{2}. \tag{3}$$

Si on admet que I varie dans le même rapport que la quatrième puissance de la dimension transversale d de la colonne (cercle, carré, etc.), on aura :

$$d_x^4 = d_0^4\left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right),$$

ou : $$d_x = d_0\sqrt[4]{1 - \frac{x^2}{l^2}};$$

d'où, le rapport de d_x à d_0 :

$$\mu = \sqrt[4]{1 - \frac{x^2}{l^2}}.$$

Pour des valeurs de $x = 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1$, on a:

$$\mu = 1,\ 0{,}99,\ 0{,}94,\ 0{,}82,\ 0.$$

On voit que la dimension transversale varie peu au co cement, et seulement au dernier quart du pilier tend rapi vers zéro.

L'on peut admettre que la section S varie proportionnel à la racine carrée de I, c'est-à-dire que:

$$S_x = S_o \sqrt{1 - \frac{x^2}{l^2}}.$$

Le volume de la colonne sera alors:

$$\int_o^l S_x dx = S_o \int_o^l \sqrt{1 - \frac{x^2}{l^2}}\, dx,$$

faisant: $$\frac{x}{l} = \sin \alpha;$$

On a: $$\sqrt{1 - \frac{x^2}{l^2}} = \cos \alpha,$$

et $$dx = l \cos \alpha d\alpha,$$

Si, dans l'équation (4), nous remplaçons dx par sa valeu aurons:

$$\int_o^l S_x dx = \int_o^l S_o l \cos^2 \alpha d\alpha = \int_o^l S_o l \frac{1 + \cos 2\alpha}{2} \cdot \frac{d2\alpha}{2}$$

$$= S_o l \left[\frac{1}{4}\, 2\alpha + \frac{1}{4} \sin 2\alpha \right]_{x=o}^{x=l}$$

pour $x = o$ $\quad \sin \alpha = o$, $\quad$ donc $\alpha = o$,

$x = l$ $\quad \sin \alpha = 1$, $\quad$ » $\alpha = 90° = \frac{\pi}{2}$,

et: $$\int_o^l S_x dx = S_o l \left[\frac{\alpha}{2} + \frac{\sin 2\alpha}{4} \right]_{\alpha=o}^{\alpha=\frac{\pi}{2}} = \pi \frac{S_o l}{4}.$$

Si la verge avait eu une section constante, nous avons cédemment (chapitre II) que:

$$\alpha^2 l^2 = \frac{Fl^2}{EI_o} = \frac{\pi^2}{4},$$

de sorte que:

$$EI_o = \frac{Fl^2}{\pi^2 : 4} = \frac{Fl^2}{2{,}47}.$$

Cette valeur de EI_0 est un peu plus petite que celle de EI_0 résultante de la parabole *e* (formule 3).

Quant à la section, admettons qu'elle soit de même forme dans les deux cas ; si nous indiquons par S'_0 la section correspondante à la colonne cylindrique, nous aurons :

$$S_0 = S'_0 \sqrt{\frac{2,47}{2}} = 1,1 \,.\, S'_0,$$

et pour les volumes V et V' :

$$V = S'_0 l,$$

et en vertu de (5) :

$$V = \frac{3,14}{4} S_0 l = \frac{1,1 \times 3,14}{4} S'_0 l = 0,86 S'_0 l.$$

Le volume de la colonne de section variable à ligne élastique parabolique sera donc de 14 0/0 plus petit que celui de la colonne cylindrique.

L'impossibilité pratique de terminer une colonne par une section nulle, nous oblige à lui donner un volume un peu plus grand ; cependant, elle sera toujours préférable pour les grands pilastres, attendu que la section F_0 plus grande lui permettra de mieux résister aux efforts de flexion qui se produisent toujours dans les piliers, par l'effet du vent, l'excentricité de la charge, etc.

De toutes manières, nous avons, dans la méthode graphique ci-dessus exposée, un instrument puissant pour étudier d'une manière simple le problème si difficile, en apparence, de la colonne, problème qui, jusqu'à présent, ne se considérait comme résolu avec exactitude que pour des colonnes cylindriques.

TRANSMISSION DE LA PUISSANCE MOT

A L'AIDE DE L'ÉLECTRICITÉ

POUR L'EXPLOITATION D'UNE MINE DE HOUILLE

PAR

M. Louis GOICHOT

L'augmentation continue du coût de la main-d'œuvre développement de la production ont conduit, depuis un nombre d'années surtout, à substituer le travail des macl celui de l'homme partout où cela pouvait se faire. L'explc des mines, plus peut-être que toute autre industrie, a part ce mouvement et l'on y tend de plus en plus à faire faire outils mécaniques tout ce qui était fait autrefois par l'h avec ou sans l'aide des animaux domestiques.

La question qui se présentait alors naturellement était d miner le moyen de mettre en mouvement les différe chines employées. Quatre agents principaux ont été mis e jusqu'à ce jour : les transmissions mécaniques, la vap comprimé et l'électricité.

Un certain nombre de traînages mécaniques et de por encore actuellement commandés depuis la surface par (passant par le puits principal ou par des trous de sonde cialement dans ce but. C'est un procédé qui n'est pas s de généralisation et peu efficace aux longues distances.

Il est bien évident, d'autre part, que pour l'utilis vapeur, sauf dans des cas très spéciaux, on ne peut sc taller une chaudière auprès de chaque appareil. La donc produite à la surface; une conduite principale soit le long du tube du puits, soit dans une bure spécial au niveau des travaux, la conduite se subdivise de aux différentes machines que la vapeur doit mettre er

Constituant déjà un progrès sérieux sur les tran câble et permettant d'étendre le rayon d'action

mécaniques d'exploitation, l'emploi de la vapeur a de graves inconvénients. Avec un terrain généralement peu solide, les joints sont difficiles à maintenir en bon état, les frais d'entretien sont considérables; aux points d'utilisation, dans le voisinage des machines, la température est quelquefois insoutenable, et enfin, dans les cas relativement fréquents où l'on ne peut pas installer de condenseur, on est obligé de ramener au jour la vapeur d'échappement au moyen d'une canalisation spéciale. La vapeur nécessite donc une installation coûteuse et n'a pas donné tous les bons résultats que l'on en attendait.

Le progrès suivant a consisté à substituer l'air comprimé à la vapeur. Celui-ci présente en effet, sur cette dernière, quelques avantages importants et qui avaient été fort vantés; il n'a pas d'influence nuisible sur la température des galeries et produit, au contraire, un certain refroidissement; l'air utilisé dans les machines contribue à l'aérage au lieu d'être un inconvénient sérieux comme la vapeur d'échappement. Au point de vue des canalisations, l'air comprimé en raison des appareils de compression qui l'échauffent trop et des appareils d'utilisation qui le refroidissent trop, étant généralement employé à une pression de 4 à 5 *kg* seulement, nécessite des conduites de grandes dimensions et la souplesse du système n'est pas plus grande qu'avec la vapeur, avec des fuites moins faciles à localiser. De grandes installations d'air comprimé ont été exécutées; la Compagnie des Mines de Blanzy entre autres, en possède une de plus de 2 000 *ch*. Malheureusement avec une canalisation de grande étendue telle que celle qui y existe, les pertes sont considérables et le rendement très faible, ce qui fait que l'air comprimé est, en réalité, un agent fort cher, tout en se prêtant parfaitement aux conditions de fonctionnement des machines employées dans l'exploitation des mines. Lors de la discussion du mémoire de MM. Atkinson sur l'emploi de l'électricité dans les mines à l'Institution of Civil Engineers, il a été admis par les spécialistes qu'un rendement industriel de 18 0/0 pour l'air comprimé constituait dans les mines un véritable maximum rarement atteint. On peut faire entrer en ligne de compte, pour l'explication de ce faible rendement, que l'on ne peut employer aux moteurs qu'une détente très faible, car si l'on veut utiliser plus complètement le travail de l'air comprimé, les orifices d'échappement ne tardent pas à s'obstruer par la production de glace due au refroidissement de l'air extérieur par la sortie de l'air comprimé détendu. Pour remédier à cela, on est obligé

d'employer des réchauffeurs, ce qui conduit à proscrire l'emp des moteurs à air comprimé de bon rendement dans les mi grisouteuses.

Un nouvel agent pour la transmission de l'énergie à dista s'est présenté ces dernières années, qui, au point de vue de facilité de transport, de la souplesse et du bon rendement, s' montré tellement supérieur à ses devanciers que l'idée est ven tout naturellement de le leur substituer; nous voulons parler l'électricité. Considérée avec méfiance tout d'abord ou même av crainte, les nombreuses applications qui, petit à petit, en ont faites de tous les côtés, n'ont pas tardé à donner à l'électricité place prépondérante qu'elle occupe actuellement.

Il est étonnant, étant données les facilités d'emploi des m teurs électriques, que l'on ait tardé aussi longtemps à en mul plier les applications dans les mines, aux lieux et places de vapeur et de l'air comprimé. Ce fait, surtout sensible en Fran doit être attribué, en majeure partie, à l'imperfection de la co truction des premiers moteurs électriques, à la crainte des ac dents résultant pour les hommes de contact avec les conducte et aux craintes d'explosion de grisou du fait d'étincelles accide telles. Ces préventions s'effacent maintenant et les applications multiplient tous les jours.

Nous avons eu l'occasion récemment de parcourir l'Anglete et une partie des États-Unis pour y examiner les travaux de genre les plus récents avant d'exécuter l'importante installati décrite plus loin. Nous croyons qu'un aperçu sommaire de ce q nous avons vu donnera aussi bien que possible l'idée de l'é actuel de la question, en le complétant par un compte ren succinct des dernières installations du continent.

État actuel des applications de l'électricité dans l'industrie de la houille.

Les appareils destinés à la production de l'énergie électriq sont, le plus souvent, concentrés dans des bâtiments spécia On emploie d'une façon générale des moteurs à vapeur à gran vitesse commandant au moyen de courroies les génératrices él triques. Tous les types de celles-ci sont représentés. La questi de l'enroulement à employer est naturellement déterminée par caractère de l'installation. Une machine excitée en série

donne les meilleurs résultats quand il ne s'agit que d'alimenter un seul moteur enroulé lui aussi en série, car alors, pour une vitesse constante, le débit de la génératrice correspond exactement à la puissance nécessaire au moteur, devient, au contraire, inutilisable s'il y a plusieurs moteurs en série à alimenter, à moins de lui faire produire un courant rigoureusement constant et de munir tous les moteurs de régulateurs maintenant leur vitesse constante.

Les dynamos série ne sont donc guère employées que dans quelques cas spéciaux, et le service est fait d'une manière générale par des machines munies d'enroulements shunt ou compound. Les machines compound sont préférables, la force électromotrice du courant qu'elles produisent restant très sensiblement constante, en dépit des variations de charge, même quand la vitesse n'est pas parfaitement régulière, et elles permettent d'assurer le service des moteurs absorbant beaucoup de courant au démarrage mieux que les machines shunt.

On utilise à peu près partout les frotteurs en charbon aux collecteurs; mais, le plus souvent, ils ne sont pas en assez grand nombre, de sorte que si la machine vibre beaucoup, il se produit facilement des étincelles. L'emploi des graisseurs à bagues commence à se généraliser, et les machines sont montées sur glissières permettant de régler la longueur de la courroie ou plutôt sa tension.

Les voltages les plus usuels sont 300, 500 et 750 volts, suivant le nombre d'appareils récepteurs et leur distance de la source d'électricité.

Les tableaux de distribution sont des plus sommaires et ne comprennent que le strict nécessaire. Les appareils de protection fonctionnant automatiquement sont à peu près inconnus, exception faite des coupe-circuits fusibles. Le réglage automatique de la tension n'est, on peut dire, employé nulle part. On se contente du réglage donné par le régulateur de la machine à vapeur et le compoundage de la ou des génératrices. Les variations sont souvent assez considérables de ce fait, surtout quand sur les distributions il y a des trainages avec commande électrique des différents mouvements.

La grande majorité des installations existantes utilisent la distribution en dérivation par courants continus. Les conducteurs nus sont relativement peu employés; on leur préfère les fils recouverts d'une matière isolante, quelquefois une simple tresse

de chanvre goudronné, d'autres fois un isolement plus soign caoutchouc. On tend de plus en plus à placer des systèmes c plets de câbles à isolement suffisamment fort, tant mécaniquen qu'électriquement pour pouvoir être posés directement sur le le long des galeries.

La descente dans le tube du puits se fait au moyen de câ isolés au caoutchouc et recouverts d'un tube de plomb et d' armature d'acier. Ils sont tendus par leur propre poids. Sur certaine longueur, les câbles sont spécialement protégés m niquement par des tubes de fer ou de fonte portant parfois i rieurement une chemise isolante de verre. Quand la descente trop longue et les câbles d'une résistance insuffisante, on amarre de distance en distance le long des parois sur des is teurs scellés dans la maçonnerie. Au fond, les isolateurs sor plus souvent suspendus au toit avec interposition de nombr isolateurs en verre ou en porcelaine à double cloche. Dans galeries peu solides on soutient quelquefois les fils au moyen lanières d'étoffe qui cèdent facilement en cas de chute de rocl et laissent échapper le fil sans qu'il ait le temps de se couper conducteur d'aller et celui de retour sont séparés par la larg de la galerie. On avait préconisé des câbles spéciaux pour év les étincelles en cas de rupture pendant la marche, mais a essai, on a trouvé que c'était une complication inutile.

Le plus connu de ces câbles dits de sûreté, inventé par MM. Atl son consiste en deux conducteurs concentriques et isolés l'un l'autre sauf aux deux extrémités ; le courant passe donc dan même direction dans les deux conducteurs, mais ceux-ci sentent une grande différence de résistance. Celui placé à l'e rieur de grande section est parcouru par la plus grande pa du courant, tandis que celui de l'intérieur, de faible sectio roulé en spirale continue, n'est parcouru que par une fai fraction du courant. Dans le circuit du fil intérieur est inter le solénoïde d'un déclencheur automatique fonctionnant pour nombre déterminé d'ampères, nombre bien supérieur à celui parcourt le fil quand il est dans des conditions normales. M si un rocher tombe sur le câble, il peut rompre le conduct extérieur principal qui est résistant, mais en arrivant sur le fil spirale, il le fait dérouler plus ou moins sans le rompre e courant principal le parcourant alors fait jouer le déclenche En pratique, le système ne fonctionne pas très bien et l'invent lui-même en recommande l'abandon.

:es systèmes ont été proposés ou même essayés, mais ils
ıucoup trop compliqués pour être pratiques. L'un d'eux
culier se compose de câbles placés dans des tuyaux de
mplis d'air comprimé; dans ces conditions, il semblerait
ıple de se servir de l'air comprimé comme agent moteur.
bles avec conducteurs concentriques ou parallèles à grand
ıt électrique et mécanique ont donné d'excellents résultats
nplement par terre le long des galeries, mais, bien souvent,
t élevé fait hésiter à les employer.

:s M. L. Atkinson, il résulte d'une enquête faite auprès
érentes Compagnies et propriétaires de mines employant
:ité comme force motrice que jamais il n'est arrivé d'ac-
ccasionné par des étincelles dues à la rupture d'un con-
. Pourtant, les branchements pour les appareils placés
; chantiers où ils doivent être fréquemment déplacés se
la façon la plus rudimentaire et sans aucune précaution,
; risques d'explosion sont les plus nombreux.

t les moteurs enfermés, spéciaux, de différents construc-
s moteurs électriques employés dans les mines ne diffèrent
de ceux employés pour d'autres applications. Comme
xtérieure on semble préférer le type Manchester qui a
ge, par sa forme, de mettre les organes délicats à peu
mplètement à l'abri des chocs et accidents extérieurs.
pour les génératrices on emploie des frotteurs en charbon
;raisseurs à bagues. En Europe, l'enroulement Gramme
.le à réparer que les enroulements en tambour ordinaires,
.us répandu. En Amérique c'est, au contraire, l'enroule-
ı tambour qui domine parce qu'il est fait à l'aide de
enroulées mécaniquement et relativement faciles à rem-
les moteurs étant multipolaires, même pour les faibles
:es.

ue tous les moteurs portent l'enroulement en série. On
effet, que pour le démarrage dans un moteur en série, la
le l'induction magnétique et celle du courant dans l'arma-
ıt maxima quand le moteur est au repos, puisqu'alors il
ıcune force contre électromotrice; et, le couple moteur
'oportionnel au courant dans l'armature quand l'excitation
stante, se trouve avec ces moteurs presque proportion-
carré du courant, la valeur de l'induction magnétique
à peu près proportionnellement au courant si la densité
ique est suffisamment faible dans le métal des inducteurs.

Les moteurs en série se prêtent donc éminemment aux dé rages sous forte charge.

Les enroulements shunt et compound sont, au contraire peu employés. L'enroulement shunt donne une vitesse sens ment constante en dépit des variations de charge si le co qui alimente le moteur est fourni sous potentiel constant; ı le couple moteur au démarrage est faible parce que le co passe alors à peu près exclusivement par l'armature, qui n' qu'une très faible résistance comparativement à celle de l'e lement inducteur et n'excite que très faiblement les éle aimants.

L'enroulement compound mériterait d'être plus répandu. fait différentiellement avec l'enroulement prédominant en pour assurer le démarrage en charge et l'enroulement, shu sens contraire ou démagnétisant, pour éviter l'emballement faibles charges. En effet, aux fortes charges et au démarrage, la portion de courant passant dans le shunt à celui passant dans la est excessivement faible et cette proportion se renforce à me que le courant utilisé dans l'armature diminue. Suivant les portions utilisées pour les deux enroulements, non seulement effets peuvent s'annuler, mais il peut même se produire des versements de pôles. Le principal inconvénient des moteurs pound est qu'ils nécessitent des appareils de manœuvre un plus compliqués que les moteurs à enroulement unique.

Les moteurs de sûreté sont assez répandus en Anglet Quelques constructeurs enferment le moteur tout entier, d'a simplement l'armature, le collecteur et les balais; d'a encore disposent le collecteur pour qu'il forme une boite fe avec les balais à l'intérieur. Ces moteurs peuvent donner d'e lents résultats, mais aussi leur effet peut être détruit p moindre accroc à leur enveloppe isolante et celle-ci met obs à la bonne ventilation.

C'est certainement dans l'appareillage et les appareils de s que l'on rencontre la partie la plus défectueuse des installa existantes. Les constructeurs préconisent les appareils enfe à l'abri de la poussière et des gaz; mais, probablement, d que de tels appareils coûtent cher, on ne les rencontre que de rares installations exceptionnellement soignées. On ne guère ailleurs que des mises en marche munies de résist insuffisantes, pas de coupe-circuits fusibles, des contacts mal

Les Américains semblent pourtant commencer à compre

multiples inconvénients de cet état de choses et utilisent
· la mise en marche des moteurs ces appareils appelés con-
ıurs qu'ils placent sur les voitures de tramways et avec lesquels
ıit des couplages variés des différentes sections de l'enroule-
t inducteur pour limiter le courant de démarrage.
ut ce que nous venons de dire a trait aux courants continus
ınt été à peu près exclusivement employés dans les mines,
ı'à présent. Il existe pourtant une installation à courants
asés faite par la maison Siemens et Halske, de Berlin, au
Erzherzog Albrecht, à Péterswald, en Autriche-Hongrie.
est peu importante, ne mettant en œuvre qu'un treuil avec
puissance totale de 50 *ch* (1).

isation de l'énergie électrique dans les mines de houille.

est bien évident que, par des dispositions mécaniques appro-
s, on peut substituer l'électricité aux autres agents dans
s les applications. Un des écueils les plus sérieux de la subs-
on est la grande vitesse angulaire des moteurs électriques
ivement à celle des machines qu'ils ont à commander, car
est guère que dans le cas des petits ventilateurs que l'on peut
loyer l'accouplement direct. On construit bien des moteurs
riques à petite vitesse, mais, comme on est obligé de leur
ıer un plus grand nombre de pôles, ils sont alors plus en-
brants, plus lourds et plus coûteux.
squ'à ce jour, l'énergie électrique a été plus spécialement
sée dans les mines pour donner le mouvement à des pompes,
treuils, des petites machines d'extraction pour bures, des
motives, des haveuses, des perforatrices et des ventilateurs.
s pompes les plus employées sont des pompes à trois pistons
ıgeurs égaux qui ont une marche très régulière, travaillent à
te pression et ont une consommation d'énergie très sensible-
nt constante. Elles ne nécessitent aucune surveillance autre que
isite des graisseurs et des frotteurs du moteur, de temps à autre.
commande de la pompe par le moteur est faite, sauf quelques
es exceptions, au moyen d'un double train d'engrenages ré-
cteurs. On semble commencer à mettre en faveur la commande
r vis sans fin qui ne demande que peu de place, ne fait pas

(1) *Oesterreische Zeitschrift fur Berg und Huttenwesen.*

de bruit et permet un graissage abondant en enfermant la vis e
la roue dans une boîte métallique que l'on remplit en partie d'huile
Les treuils ont très souvent à actionner des trainages mécani
ques par corde tête et corde queue; les démarrages et les chan
gements de régime sont donc fréquents, étant donné que la voie
présente rarement les mêmes conditions sur toute sa longueur, quelques parties étant en rampe, d'autres en palier et d'autres en pente. Dans ce cas, on est arrivé à la conclusion qu'il est préférable de laisser tourner les moteurs à peu près continuellement en les munissant d'un enroulement compound spécial, étudié pour chaque cas particulier et maintenant la vitesse constante quelle que soit la charge. La mise en marche du treuil ainsi que les changements de marche, se font au moyen d'embrayages à friction et d'engrenages. Dans quelques cas, les moteurs sont attelés au treuil et les différents mouvements contrôlés électriquement.

Ce qui s'applique aux treuils pour traînages mécaniques peut aussi s'appliquer aux treuils d'extraction. Dans ce cas pourtant, comme l'on a fréquemment à faire de petits mouvements en avant ou en arrière pour assurer le niveau de l'arrêt, un moteur enroulé en série est préférable et les différents mouvements peuvent plus facilement se régler par des moyens électriques que mécaniques.

La commande des treuils se fait aussi par un double train d'engrenages réducteurs.

On a tenté d'appliquer les moteurs électriques à presque toutes les haveuses qui avaient fonctionné avec quelque succès au moyen de l'air comprimé. Les plus employées sont les haveuses à roue pour le travail des longs fronts de taille, et les haveuses à barres parallèles à l'attaque ainsi que celles à chaîne sans fin qui semblent mieux adaptées aux couches peu solides et aux travaux de traçage. Toutes ces haveuses sont munies de moteurs avec enroulement en série, du type dit cuirassé, pouvant résister aux chutes de toit. On crée actuellement de différents côtés des Sociétés construisant un type spécial de haveuse et se chargeant de l'abatage du charbon moyennant tant la tonne; elles font toutes les réparations nécessaires ainsi que l'entretien courant, l'énergie électrique étant, le plus souvent, fournie par le propriétaire de la mine ou, dans quelques cas, par la Société d'exploitation des haveuses elle-même.

Les locomotives électriques sont surtout employées en Alle

magne et aux États-Unis. Dans ce dernier pays, il en existe un grand nombre de types soigneusement étudiées pour le travail spécial qu'elles sont destinées à accomplir. Les voies y sont, en général, larges et les charges à remorquer très lourdes; la pratique courante est de munir chaque truck de deux moteurs, type tramway à vitesse réduite, attaquant les essieux par une seule paire d'engrenages. La mise en marche graduelle et le réglage de la vitesse s'obtiennent, tantôt par des couplages au moyen d'un contrôleur, et tantôt par des résistances au moyen d'un cadran sectionné à manette de contact. Les locomotives électriques ne peuvent être employées que dans les mines pas ou peu grisouteuses, car, il est impossible d'éviter les étincelles à la prise de courant. Quand les voies ne sont pas très sinueuses, on préfère les trainages aux locomotives, leur capacité est plus grande et on peut les utiliser partout.

Après avoir longtemps cherché une solution avec les perforatrices à percussion alimentées par des courants pulsatoires, on a fini par reconnaître le mauvais rendement de ces appareils et on leur substitue actuellement des perforatrices rotatives, bien supérieures sous tous les rapports, et ne demandant pas de courants spéciaux. On les fait assez légères pour qu'elles puissent être déplacées et mises en position par un seul homme. Le succès des nouvelles perforatrices tient surtout à la qualité de l'acier fabriqué actuellement, et qui permet de faire des mèches suffisamment résistantes pour percer presque toutes les espèces de roches que l'on rencontre dans les exploitations houillères.

Les ventilateurs les plus employés sont des appareils type Ser, avec commande directe par le moteur électrique. Ils sont de faible puissance, quelques chevaux, et sont surtout utilisés pour aérer les galeries en avancement.

Les installations employant tout ou partie de ces différents appareils commencent à être fort nombreuses. Il n'en existe pas encore de très importante; cela tient à ce que le développement s'en est surtout fait dans des pays où il existe peu de grandes Compagnies, et, par conséquent, il s'est fait plutôt des installations isolées dans un seul puits qu'un travail d'ensemble qui aurait pourtant permis de rechercher le meilleur système à employer et de l'améliorer en y apportant tous les perfectionnements successifs.

En France, au contraire, où les exploitations houillères sont souvent entre les mains de puissantes Compagnies ayant une pro-

duction très importante, il semblerait que l'on doive trouver le conditions les plus favorables pour des installations considérables dans lesquelles on mettrait en œuvre les progrès les plus récent de la science.

C'est l'ensemble d'un projet de ce genre, en voie de réalisation que nous allons exposer dans les pages suivantes.

Projet d'une installation de transmission de force par l'électricité pour une grande Compagnie de mines de houille.

Le programme comportait une distribution d'énergie électrique pouvant être utilisée dans les travaux du fond aussi bien qu'au jour, aussi propre au fonctionnement des moteurs de petite puissance qu'à celui des moteurs de grande puissance, écartant le danger des explosions; avec une tension suffisamment élevée pour que les lignes soient économiques et assez basse pour que les moteurs de petite puissance puissent être mis entre les mains de femmes ou d'enfants sans crainte d'accidents et sans précautions spéciales. Les points d'utilisation les plus éloignés se trouvent d'une part à six kilomètres et, d'autre part, à moins de trois kilomètres du centre. L'installation doit être susceptible d'une extension facile.

Choix du système.

Telles sont les grandes lignes du programme du projet que nous avons à exécuter et auquel les installations que nous avons visitées doivent nous permettre de donner une solution.

Mais, d'après ce que nous avons dit plus haut, le seul système que nous ayions vu employé est le système de distribution en dérivation par courants continus à 300, 500 ou 750 volts. Un tel système est-il pratique dans notre cas particulier?

Évidemment non. En effet, nous avons à tabler non pas avec quelques chevaux seulement, mais avec des centaines de chevaux et au lieu de distances de 800 à 1 000 *m*, nous nous trouvons en présence de lignes de 6 *km* au jour, plus 1 500 à 2 000 *m* au fond.

Dans ces conditions, avec 750 volts il nous aurait fallu, pour une perte raisonnable, des lignes de section énorme, absolument impraticables. En effet, prenons le cas qui se présente sur une des lignes, 300 *ch* à transmettre à 6 *km* avec une perte de 10 0/0.

A 750 volts, le courant atteindra 295 ampères et la résistance kilométrique des conducteurs ne devra pas dépasser 0,0212 ohm, ce qui correspond à une section de 754 mm^2 et a un poids de 6,71 *t* par kilomètre.

Si nous adoptons une tension plus élevée, nous diminuons, il est vrai, la section, et par conséquent le coût de la ligne; mais, dans une distribution en dérivation, les moteurs fonctionnant, en principe, au même voltage que les génératrices, à moins que l'on n'interpose des transformateurs rotatifs à courants continus, appareils qui n'ont qu'un médiocre rendement, on serait obligé d'admettre, dans la mine, un voltage élevé, ce qui serait dangereux. De plus, on pourrait établir les moteurs puissants pour cette tension élevée, mais il n'en serait pas de même pour les moteurs de quelques chevaux ou même de quelques kilogrammètres, comme il en existe sur la distribution. On ne peut guère construire industriellement ces moteurs pour des tensions supérieures à 250 ou 300 volts.

La distribution en dérivation par courants continus rejetée, nous entrons, non pas dans l'inconnu, mais dans l'inappliqué. Nombreuses sont, en effet, les transmissions et distributions de force appartenant à d'autres systèmes, mais elles n'ont pas encore été appliquées dans l'industrie de la houille (1).

Nous avons encore, avec les courants continus, la distribution en série dont il existe un exemple célèbre à Gênes dans les installations de la Société de l'Acquedotto de Ferrari. Galliera. Au point de vue de la transmission, il n'y a rien à dire de ce système qui permet d'employer des tensions théoriquement sans limites, produites par une série de génératrices à voltage relativement bas et donne un excellent rendement; mais il n'en est pas de même au point de vue de la distribution. Là, tous les moteurs sont solidaires les uns des autres, en ce sens que le courant doit toujours parcourir toutes les parties du circuit, que les moteurs soient ou non en mouvement. En outre, la vitesse des moteurs doit être maintenue parfaitement constante pour éviter des réactions nuisibles sur le circuit; il leur faut, pour cela, des régulateurs automatiques sensibles et délicats; les moteurs s'arrêtent s'ils sont surchargés, et enfin, inconvénient plus grave, il oblige à faire passer dans les travaux souterrains des câbles présentant avec la

(1) Exception faite de l'installation triphasée de Peterswald.
Nous ne parlons pas des ventilateurs biphasés de Decize (Nièvre) qui sont exclusivement distribués à la surface.

terre une différence de potentiel de plusieurs milliers de v
alors qu'aux bornes des moteurs cette différence de potenti
dépasse pas quelques centaines de volts, même pour les mo
puissants.

Pour le système en série, comme pour le système en dériva
nous ne saurions considérer les moteurs avec collecteur et l
comme des appareils sans danger au point de vue des explo
de grisou, même si l'on emploie des moteurs dit de sûreté.

Nous restons donc en présence des courants alternatifs sin
ou des courants alternatifs polyphasés.

Les courants alternatifs en général, soit simples, soit
phasés, nous permettent de résoudre d'une façon satisfaisan
question des voltages. En effet, grâce aux facilités vraiment e
ordinaires de transformation que présentent les courants p
diques, nous pourrons avoir sur la ligne de transport une te
élevée, et par conséquent des conducteurs économiques;
la mine, une tension suffisamment élevée aux moteurs pou
tout en ne présentant pas de dangers, elle permette d'avoi
câbles maniables; et, enfin, pour mettre entre les mains
femmes et des enfants des moteurs à 50 volts ou même moi
besoin est et si cela peut être économique.

De ce moment, il reste bien convenu que, quel que s
genre de courant, il sera toujours question d'une *distributio*
les appareils montés en dérivation.

Nous commençons à voir une différence entre les différents
tèmes à courants alternatifs au point de vue des moteurs.

Les courants alternatifs simples, soit monophasés, prése
un grave inconvénient; ils ne se prêtent bien à l'alimentatio
des moteurs synchrones qui, pour fonctionner, doivent ma
en synchronisme parfait avec la génératrice, ne démarrent p
charge et même ne démarrent à blanc que dans certaines c
tions. Ils ne sont donc possibles ni pour les treuils, ni pour a
autre appareil d'utilisation dont la vitesse et la puissance do
subir des variations. Ils nécessitent encore pour leur fonctio
ment des courants continus fournis par une machine auxil
pour l'excitation, ou des courants redressés; dans les deux
il y a un commutateur et des balais, et par conséquent ch
d'étincelles.

On a bien essayé des moteurs monophasés, démarrant à l
d'un champ tournant auxiliaire et fonctionnant ensuite plu
moins synchroniquement; ces appareils n'ont guère été const

pour des puissances supérieures à quelques chevaux, ils nécessitent des appareils de démarrage compliqués et coûteux et donnent un couple moteur présentant deux maxima et deux minima à chaque tour, c'est-à-dire partiellement pulsatoire, le minimum n'étant pas 0.

Sans chercher d'autres motifs de rejet, nous laisserons de côté les courants alternatifs monophasés pour ne plus examiner que les courants alternatifs polyphasés.

Les courants polyphasés sont entrés dans la pratique sous deux formes, courants biphasés et courants triphasés. Nous commencerons par ne pas les séparer, leurs propriétés générales étant les mêmes qu'il y ait deux ou plusieurs phases.

Les courants polyphasés n'étant que la combinaison d'un certain nombre de courants alternatifs simples présentent les mêmes facilités que ces derniers au point de vue de la transformation de haute en basse tension ou réciproquement; ils se prêtent donc également à l'alimentation de moteurs à haute tension de grande puissance et à celle de moteurs à basse tension de quelques kilogrammètres, c'est une simple question de transformateurs.

La tension sur la ligne de transport peut être aussi élevée que l'on peut le désirer et que les isolants actuellement employés le permettent en employant, au départ, des transformateurs élévateurs qui ont un rendement élevé et pas de parties en mouvement. Ils sont compacts et ne nécessitent aucun soin si leur installation est faite d'une façon convenable.

Les courants polyphasés donnent dans les moteurs avec un enroulement approprié un champ tournant et les moteurs à champ tournant marchent par induction, c'est-à-dire sans qu'il soit besoin d'une connexion physique entre l'inducteur et l'induit ou entre l'induit et la ligne d'alimentation : ceci en admettant que l'induit constitue la partie mobile. Nous n'aurons donc ni collecteur, ni balais, et par conséquent pas d'étincelles. On pourra nous dire, il est vrai, que si nous devons faire varier la vitesse des moteurs ou les faire démarrer dans de bonnes conditions, nous serons obligés de faire varier la résistance de l'induit et pour cela d'avoir des bagues de contact avec des frotteurs. C'est exact, jusqu'à un certain point; mais, pourquoi se produit-il des étincelles au collecteur des machines à courants continus ? C'est parce qu'ils sont composés d'un certain nombre de lamelles métalliques isolées présentant une différence de potentiel l'une par rapport à l'autre. Dans les moteurs polyphasés, nous avons des bagues

continues, par conséquent pas de différence de potentiel appı ciable d'un point à un autre et pas d'étincelles, à moins que contacts ne soient pas suffisants et que la machine vibre bea coup, ce que l'on peut toujours éviter par une construction co venable.

On a reproché aux moteurs à induction d'absorber au démaı rage un courant énorme et de causer un décalage considérabl suffisant pour jeter le trouble dans tout un système de distribı tion. Ce reproche pouvait être fondé lorsque l'on employait dai des moteurs puissants un induit en cage d'écureuil dont la rési tance est presque inappréciable, car alors le moteur se compor comme un transformateur mis en court-circuit par le secondair Mais, si l'enroulement induit est disposé pour qu'au moyen c bagues de contact ou autrement on puisse y introduire des rési tances auxiliaires, on peut n'avoir au démarrage que le courai rigoureusement nécessaire pour produire le couple dont on besoin à la mise en marche, et cela sans qu'il en résulte un déca lage extraordinaire.

Nous avons dit que la nécessité d'avoir des contacts pour dim nuer le courant induit au démarrage était une objection exacl jusqu'à un certain point seulement. Il existe, en effet, un autr procédé qui ne demande pas de liaison avec l'induit, et cela sim plement en intercalant sur le circuit principal du moteur un bobine à réaction à enroulement sectionné de façon que l'o puisse faire varier son coefficient de self induction de zéro à un certaine valeur différant pour chaque type de moteur et assurai le passage du courant convenable. On obtiendrait évidemment l même résultat au moyen d'un transformateur à enroulement se tionné, mais à un coût plus élevé.

Nous avons entendu objecter à la mise en marche des moteu avec réduction de voltage soit par transformateurs, soit pa bobines à réaction, que les moteurs à champ tournant nécessitei un certain courant pour démarrer avec un couple donné, on au beau réduire le voltage, il faudra bien que ce courant passe. est parfaitement exact qu'il faut que ce courant passe et que l'er roulement doit être établi pour le maximum qui peut se produir mais, ce que l'on oublie d'ajouter, c'est que si l'on ne diminue pas le voltage, le courant pourrait prendre, avant que le moteı se mette en mouvement, une valeur bien plus considérable qu celle qui est rigoureusement nécessaire et la diminution de vo tage est faite pour que l'on ne dépasse pas cette valeur et qu

l'on n'ait pas d'échauffements excessifs susceptibles, sinon de fondre les conducteurs induits, du moins de provoquer le décollement des soudures.

Avec les courants polyphasés, la manœuvre des moteurs de très faible puissance est on ne peut plus facile, car il suffit d'un simple interrupteur sans résistances auxiliaires. Pendant le fonctionnement les moteurs, tendant toujours à la marche en synchronisme avec les génératrices, gardent une vitesse très constante qui les rend éminemment propres à actionner des métiers à tisser ou autres machines demandant une marche bien régulière.

Avec des précautions élémentaires, la plupart des alternateurs se couplent très facilement en parallèle; rien n'est donc plus facile que d'agrandir l'installation, au fur à mesure des besoins, par l'adjonction de nouveaux groupes.

Nous voyons, en somme, que les courants polyphasés remplissent aussi exactement que possible les conditions de notre programme. Il ne nous restera donc plus qu'à déterminer sous quelle forme nous les emploierons. Seront-ce des courants biphasés ou des courants triphasés?

Au point de vue des moteurs, la question du nombre de phases est peu importante. Il faut, il est vrai, un nombre de pôles supérieur d'un tiers pour obtenir le même nombre de tours avec les moteurs triphasés qu'avec les moteurs biphasés pour un même nombre de périodes; mais, d'autre part, la constance du champ inducteur est plus grande avec trois phases qu'avec deux, la variation étant de 0,5 à 7,25 0/0 dans le premier cas, suivant la méthode d'enroulement, contre 17 0/0 dans le second; la valeur du couple moteur est donc plus constante avec trois phases qu'avec deux (1).

On démontre aussi (2) qu'un moteur triphasé peut être construit pour une puissance et une vitesse données avec un poids inférieur d'environ 10 0/0 à celui d'un moteur biphasé.

Là où la question du nombre de phases prend une réelle importance, c'est pour les lignes de transport et de distribution. On a pourtant longtemps contesté que cela ait une influence quelconque sur le poids du cuivre, toutes les conditions étant les mêmes. Même à la fin de 1893, lors de la discussion de son mémoire sur l'installation du Niagara devant l'Institution of electrical Engineers de Londres, le professeur Forbes disait avoir

(1) *Kapp Electric transmission of energy 4th edition*, page 344.
(2) Idem, loc. cit., page 341.

soigneusement étudié la question et n'avoir trouvé aucune différence (1).

Il résulte pourtant, tant de la théorie que de la pratique, que trois phases donnent une économie d'un quart dans le poids du cuivre, tant sur une phase que sur deux phases, avec deux circuits distincts.

Cela provient de ce que, dans un courant triphasé à trois conducteurs, chaque branche peut être considérée comme un circuit séparé avec un retour par la terre ne présentant pas de résistance.

Supposons que nous ayons un circuit triphasé alimentant en triangle trois lampes à 100 volts ; le voltage, entre deux conducteurs quelconques sera $100 \times \sqrt{3} = 173,2$ volts ; prenons le courant dans chaque lampe à 1 ampère. Comparons ce circuit à un circuit monophasé, pour plus de simplicité, avec deux conducteurs présentant la même tension entre fils et ayant, par conséquent, même effort sur l'isolement et transmettant la même puissance. Dans le cas de trois phases, nous avons à transporter 3 ampères sur la longueur simple de la ligne, tandis que pour une ou deux phases, la tension entre fils étant 173,2 volts, nous avons à transporter $\sqrt{3}$ ampères sur deux fois la longueur de la ligne, ou $\sqrt{3} : 2$ sur quatre fois cette même longueur.

Or, nous savons que la perte d'énergie, dans une ligne, est égale au produit de la résistance dans le carré du courant. Supposons que la résistance de chacun des conducteurs triphasés soit de 1 ohm, la perte d'énergie sera de 1 ampère $\times$ 1 ampère $\times$ 1 ohm = 1 watt ou, pour les trois conducteurs, 3 watts.

Avec les courants mono ou biphasés, l'intensité du courant sera $\sqrt{3}$ ou $\sqrt{3} : 2$, et la résistance de chaque conducteur, en supposant le même poids que pour le triphasé, sera, avec deux fils, 0,666 ohm, et, avec quatre fils, 1,333 ohm par conducteur.

Perte dans chaque conducteur, dans le cas de deux : $3 \times 0,666 = 2$ watts, soit, pour les deux, 4 watts.

Et avec le biphasé $(\sqrt{3} : 2)^2 \times 1,333 = 1$ watt, soit, pour les quatre, 4 watts.

Le système triphasé donne donc une perte inférieure d'un quart à celle donnée par les systèmes mono ou biphasés pour un même poids de cuivre, et permet, par conséquent, pour une même perte, de ne mettre que les trois quarts du poids de cuivre nécessité par les autres systèmes.

Si nous considérons des lignes de grande longueur, l'économie

(1) *Journal of the Institution of electrical Engineers*, vol. XXII, page 491.

procurée par trois phases s'augmente encore du fait que l'induction sur une ligne triphasée à trois conducteurs est bien moins considérable que sur une ligne biphasée à quatre conducteurs. Avec trois phases, chaque conducteur est influencé comme s'il n'avait qu'un seul retour au lieu de deux, de sorte que l'induction se calcule, pour chaque circuit, en ne considérant que l'un quelconque des fils de retour; cela en admettant que les trois conducteurs soient équidistants. Cette réduction dans la valeur de l'induction se monte à 43 0/0 et est due aussi en partie à la section réduite du cuivre nécessaire pour transmettre la même énergie avec la même perte (1).

Au point de vue des transformateurs, trois phases sont décidément plus avantageuses que deux. En effet, avec deux phases, on est obligé d'avoir un transformateur par phase, tandis qu'avec trois un seul transformateur, avec un nombre de jambes multiple de trois, peut être employé. Là, comme pour les conducteurs, les lignes de force émanant de l'une des jambes sont opposées, comme direction, à celles émanant des deux autres, mais le flux, dans l'une des deux, croît, tandis qu'il décroît dans l'autre, et chaque jambe devient à son tour le retour pour le flux magnétique dans les deux autres. De cette façon, les pièces reliant les différentes jambes peuvent être faites plus légères, le flux se divisant. Les transformateurs pour trois phases sont donc plus compacts et moins coûteux pour la même puissance que ceux pour deux phases (2).

On a surtout vanté, pour les circuits biphasés à deux circuits distincts, la facilité du réglage. Il est certain que si, dans un circuit triphasé, les différentes branches sont inégalement chargées, pour des différences un peu fortes le voltage variera d'une branche à l'autre, et l'on sera obligé de rétablir l'équilibre d'une façon quelconque, pour ramener l'égalité dans les voltages. Mais il est bien évident que cet effet ne peut se produire que si les charges ur le circuit n'utilisent qu'une phase ou deux; si elles les utisent toutes les trois, l'équilibre se maintiendra parfaitement et réglage sera des plus faciles. C'est justement le cas quand la harge se compose de transformateurs et de moteurs, ou même lampes dans un éclairage industriel où le nombre de lampes lumées ne varie guère.

(1) Ch. Scott. *Polyphase transmission*, mémoire lu devant la National Electric Light ...iation. à Washington, le 1er mars 1894.

(2) A. T. Snell. *Electric motive power*, page 277.

De cette comparaison sommaire entre les courants biphas triphasés, il résulte que ces derniers sont préférables, tan point de vue du rendement et du bon fonctionnement qu l'économie dans le coùt de premier établissement. Nous nous virons donc des courants triphasés pour notre installation.

Un dernier choix nous reste à faire, c'est celui de la fréque que nous utiliserons pour notre courant périodique.

Il s'agit, dans ce cas, d'établir un compromis entre un cer nombre d'intérêts contradictoires, et ce n'est que dans cert cas tout spéciaux que l'on peut s'attacher à satisfaire compl ment les uns en négligeant tout à fait les autres.

Les avantages d'une basse fréquence se font particulièren sentir au point de vue des lignes de transmission et au poin vue des moteurs. Au point de vue des lignes de transmission valeur de l'impédance dépend directement de la fréquenc l'effet de la capacité est aussi proportionnel à la fréquence. P les moteurs, leur vitesse de régime étant à peu près égale à marche en synchronisme, les petits moteurs, sur lesquel manque d'espace ne permet pas de disposer un grand nombr pôles, devront tourner d'autant plus rapidement que le non de périodes sera plus considérable. Ainsi, un moteur bipol fera vingt tours par seconde avec 20 périodes, et il en fera quante s'il est alimenté par un courant avec 50 périodes.

Pour les génératrices, les avantages et les désavantages se c pensent à peu près. Si nous admettons un même nombre de re lutions dans l'unité de temps, la machine à basse fréquence plus économique de construction en ce qu'elle nécessitera m de pôles, mais elle sera plus lourde pour que la valeur total l'induction puisse conserver la même valeur, les pertes é accrues par l'augmentation de la self-induction et de la réac d'armature.

Les hautes fréquences sont surtout avantageuses pour les tr formateurs. Jusqu'à environ trente périodes par seconde, le lume du transformateur et, par conséquent, son coût, va proportionnellement, mais en raison inverse de la racine ca de la fréquence. En dessous de trente périodes, la variation plus forte. La raison de ce changement dans la loi de la vari est que, jusqu'à trente périodes, la diminution dans le cha ment du flux est partiellement compensée par l'augmentatio densité de l'induction magnétique, mais, de ce côté, on a vite à une valeur que l'on ne saurait dépasser sous peine

teindre des pertes excessives par hystérésis et courants de Foucault. On sait, en effet, d'après les recherches de Ch. P. Steimetz, que la perte par hystérésis varie comme la puissance 1,6 de l'induction, et la perte par courants de Foucault comme le carré de cette même induction.

Les raisons pour ou contre les hautes ou les basses fréquences expliquent bien l'évolution à laquelle nous venons d'assister. Tant qu'il ne s'est agi que d'éclairage, la titillation des lampes à arc étant sensible avec certaines qualités de charbons jusqu'à 45 périodes par seconde, on s'est surtout occupé à obtenir des fréquences économiques au point de vue des transformateurs ; c'est ce qui avait fait adopter 133 périodes par seconde en Amérique pour le matériel normal. Mais, quand les travaux de Tesla eurent ouvert un champ d'applications industrielles aux moteurs à induction, la question changea de face. Il fallait diminuer la fréquence pour obtenir des vitesses convenables. On a été dans cette voie jusqu'à préconiser des fréquences de 8 périodes par seconde et l'installation du Niagara marche à 25.

Comme nous voulons pouvoir alimenter directement des lampes à arc et que nous prévoyons l'emploi d'un grand nombre de transformateurs, nous avons choisi la fréquence de 50 périodes par seconde pour concilier autant que possible les différents intérêts en jeu.

Description de l'installation.

L'emplacement idéal pour une station centrale serait celui où elle trouverait un terrain solide pour y asseoir les bâtiments, une communication facile avec les voies de chemins de fer de façon à pouvoir amener les machines et matériaux sans transbordements, un approvisionnement de combustibles sans nécessiter des transports onéreux, de l'eau en abondance et un emplacement à proximité pour verser les crasses produites. Il est évident que ce n'est que bien rarement que toutes ces conditions peuvent se trouver remplies. Dans notre cas, nous n'avons pas de communication directe avec les lignes à voie normale, mais nous leur sommes reliés par plusieurs lignes à voie étroite ; nous avons de l'eau, sinon en abondance, du moins en quantité à peu près suffisante pendant la plus grande partie de l'année ; l'approvisionnement en combustible est facile, mais les crasses doivent effectuer un parcours d'environ 250 *m* avant de trouver une verse convenable.

La station centrale est placée sur un terre-plein dominant la rivière et l'installation comprend trois parties, les gazogènes, les chaudières et le bâtiment des machines que nous allons parcourir successivement.

Gazogènes. — Dans la plupart des exploitations houillères, les schistes et les rochers pouvant contenir jusqu'à 55 0/0 de matières combustibles et provenant, des ateliers de criblage et de lavage, sont une sérieuse cause de gêne. On ne peut les brûler dans des foyers ordinaires, la proportion de matière inerte étant trop considérable, et d'habitude on les verse avec les crasses. Celles-ci étant versées en partie à l'état incandescent, chauffent ces schistes et ces rochers, les font distiller, de sorte que la combustion se maintient dans les masses versées pendant plusieurs années en émettant continuellement des vapeurs sulfureuses fort nuisibles à la végétation. Ces verses de schistes et de rochers nécessitent de grands emplacements que l'on n'a pas toujours disponibles à proximité. C'est donc une question toujours à l'ordre du jour dans les mines que de trouver à diminuer la quantité de matière à verser. On ne peut songer à faire porter la réduction sur les crasses des foyers de chaudières ; en est-il de même pour les schistes et rochers ? Ceux-ci contiennent une certaine proportion de matières combustibles et peuvent, par conséquent, être brûlés dans des conditions favorables. A ce sujet, un bon enseignement nous est donné à l'étranger par les « refuse destructors » qui permettent non seulement de se débarrasser des détritus des villes, mais encore utilisent les gaz produits par leur combustion pour chauffer des chaudières dont la vapeur met en mouvement soit des pompes pour l'alimentation d'eau, soit des machines pour produire l'éclairage électrique. Il est reçu actuellement comme principe qu'avec des gazogènes, en disposant d'une surface de grille suffisante, on peut faire brûler d'une façon satisfaisante et avec le maximum d'effet utile, ce qui peut paraître à première vue un combustible de piètre qualité.

De là à employer des gazogènes pour brûler les schistes et les rochers, l'idée était tout indiquée et elle se complétait par celle consistant à utiliser les gaz produits pour chauffer les chaudières destinées à la production de la force motrice électrique.

Les gazogènes sont disposés en ligne tout au bord du terre-plein dominant la rivière ; chacun d'eux a une capacité suffisante pour pouvoir alimenter deux chaudières. Les chambres de combus-

n, plus larges que profondes, ont une ouverture de 3,50 *m* et e profondeur au foyer de 1,92 *m*. La grille inclinée à 30° de vant sur l'arrière est formée de simples barreaux en fer carré 40 *mm* avec un crochet à l'extrémité d'avant ; ils ne sont pas és, mais simplement appuyés. A l'avant ils portent sur des ls Vignoles supportés eux-mêmes par des pièces en fer forgé ıllées dans le sol et présentant trois traverses horizontales à férents niveaux pour soutenir les pinces et faciliter le travail chauffeur. L'appui de l'arrière est fait exactement de la même nière. Toutes les parois de la chambre de combustion, dont la ûte se trouve à 3,15 *m* au-dessus du sol, sont recouvertes de ques réfractaires ordinaires sur une épaisseur de 22 *cm*. Au-ssus de la voûte se trouvent quatre boîtes de chargement en ıte avec couvercle permettant d'alimenter le foyer sans ren-es d'air ; en outre, il existe une douzaine de regards servant ssi de trous de piquage et fermés par des couvercles en fonte. Les carneaux pour le dégagement des gaz combustibles sont cés dans la partie supérieure du mur d'arrière ; il y en a deux, ıs deux susceptibles d'être fermés au moyen de registres ver-ıux en fonte et présentant une section de 0,6 m^2. L'un de ces ıveaux qui sert pour la mise en train mène les gaz dans une erie en communication directe avec la cheminée, l'autre les ige dans la galerie centrale des gazogènes d'où ils vont aux férentes chaudières. Les carneaux et les galeries ont leurs pa-s revêtues de briques réfractaires.

La conduite du feu, en dépit du changement de combustible, diffère en rien de celle en usage pour les gazogènes courants. décrassage se fait environ toutes les deux ou trois heures en ıcédant chaque fois sur un tiers de la surface de grille. On brûle s schistes grêlats pour deux cinquièmes, des schistes fins pour même quantité et des rochers pour un cinquième. La teneur yenne en matières combustibles ne dépasse pas 30 0/0 pour ce lange.

haudières. — Les chaudières sont horizontales à un bouilleur ounies d'un faisceau tubulaire système Mac Nicoll.

e bouilleur a un diamètre de 900 *mm* et une longueur de 570 *m*, il est réuni au corps cylindrique supérieur d'une lon-ır de 13,420 *m* et d'un diamètre de 1,160 *m* par le faisceau ılaire placé au-dessus du foyer et composé de 48 tubes en le 100 *mm* de diamètre intérieur et 4 *mm* d'épaisseur. Il y a

en outre quatre communications de 500 *mm* de diamètre et 580 *mm* de hauteur.

La boite à tubes de l'arrière porte dans l'un de ses angles une tubulure à laquelle est relié un tuyau destiné à la purge des boues. Le bouilleur porte aussi un tuyau d'évacuation qui sert pour la même opération et pour la vidange de la chaudière. Tous les jours on procède à la purge des boues en ouvrant les deux uyaux pendant quelques instants. La surface de chauffe totale est de 92,8 m^2 dont 45,71 pour le faisceau tubulaire.

Les gaz combustibles provenant du gazogène arrivent par une voûte en briques réfractaires percée de nombreuses ouvertures et occupant la place de la grille ; leur venue est réglée par un registre fermant plus ou moins le caniveau d'arrivée. Pour obtenir un mélange bien intime des gaz et de l'air destiné à leur combustion, l'arrivée d'air se fait partie à l'avant et partie par une série d'ouvertures placées longitudinalement au foyer. L'arrivée d'air se règle aussi au moyen de registres. Pour la conduite du feu sous les chaudières et l'alimentation, il suffit de deux hommes pour huit à dix chaudières.

L'alimentation peut se faire à volonté, soit avec une pompe auxiliaire à action directe, soit avec des injecteurs Giffard. L'arrivée de l'eau dans les chaudières se fait dans la partie où la circulation intérieure est la plus active de façon à éviter les changements de température trop forte des tôles pouvant causer des dilatations et des contractions nuisibles pour l'étanchéité.

Les chaudières sont timbrées à 8 *kg* ; la pression moyenne de régime est un peu supérieure à 7 *kg* et se maintient très régulière grâce au mode de chauffage.

Bâtiment des machines. — Le bâtiment des machines en briques et pierres avec charpente métallique et couverture en tuiles mécaniques, est de dimensions suffisantes pour contenir 10 alternateurs à vapeur de 300 *ch* indiqués et deux dynamos à vapeur excitatrices. Un pont roulant pouvant lever 6 *t* règne sur toute la longueur de la construction. Au fond, du côté des excitatrices, se trouve le tableau supporté par une passerelle à environ 1,50 *m* au-dessus du sol.

Les différentes machines sont disposées sur deux rangs avec un large passage au milieu. Pour la facilité du tuyautage, les machines à vapeur sont placées près du mur, le long duquel les conduites de vapeur passent en sous-sol. Par cette disposition, on



e une élévation trop considérable de la température dans la
e des machines.
n sous-sol on trouve les condenseurs, les approvisionnements
ers et un petit atelier pour les réparations courantes.

lachines à vapeur. — Quelles sont les machines à vapeur les
ux appropriées à la production de l'énergie électriques? Si
is prenons des machines à vapeur très économiques de con-
mation, à allure relativement lente et commandant par cour-
des génératrices électriques de volume modéré, c'est-à-dire
itesse plutôt élevée, il semblerait que l'on doive obtenir les
illeurs résultats, chaque machine se trouvant dans d'excel-
tes conditions de fonctionnement. Il n'en est pourtant rien.
a pourrait être vrai s'il s'agissait de machines destinées spécia-
ient à l'éclairage et sur lesquelles les changements de charge
font dans un temps appréciable; mais pour des charges sou-
nement variables dans de grandes limites et encore plus avec
génératrices alternatives qui échangent des courants de com-
isation considérables en pure perte à la moindre différence de
esse; il est prudent de supprimer toutes les causes pouvant
duire des différences de vitesse, et en particulier les courroies.
La pratique actuelle s'est, en somme, définitivement prononcée
ur l'accouplement direct de la génératrice électrique au mo-
ir à vapeur; mais, tandis qu'en Angleterre, on s'attachait à
difier les moteurs à vapeur, pour qu'ils se prêtassent aux
indes vitesses angulaires des dynamos, en Allemagne, au con-
ire, c'étaient ces dernières que l'on modifiait pour les amener
a vitesse des moteurs à vapeur existants. Est-ce en Allemagne
e l'on a vu clair? Est-ce en Angleterre?
Au point de vue de l'économie d'installation, tant pour le coût
matériel à vapeur et électrique que des bâtiments, l'avantage
évidemment acquis au système pratiqué en Angleterre. C'est
à beaucoup quand le terrain est d'un prix élevé ou que les
iments présentent des difficultés spéciales pour rencontrer une
ette solide. En ce qui concerne la sécurité de marche et l'u-
e, les moteurs à grande vitesse de bonne construction sont
faitement comparables aux meilleures machines à faible vi-
e; la vitesse des différents organes en mouvement est, du
e, sensiblement égale dans les deux cas. Les moteurs à grande
sse donnent peu de trépidations, leur couple étant plus cons-
pendant une révolution. Une circonstance locale tend à nous

faire donner la préférence aux moteurs à grande vitesse occupant, avec les génératrices, électriques un emplacement restreint. Dans les centres houillers exploitant des couches épaisses, le terrain affouillé par les exploitations souterraines subit des mouvements qui se montrent à la surface sous forme de cassures plus ou moins importantes. Si un bâtiment se trouve sur le chemin d'une de ces cassures, il se fissure, se fend, les bâtis des machines placées dans ce bâtiment se cassent ou se tordent, ce qui ne tarde pas à mettre les machines hors de service.

D'après des études récentes, il résulterait aussi que les ruptures de volants, si terribles dans leurs effets, proviennent le plus souvent de surcharges ou de diminutions de charges instantanées, et que cela se produit surtout dans les machines à grande détente et allure lente, dans lesquelles l'action du régulateur ne peut s'exercer que pendant une faible fraction de la période de fonctionnement.

De ces différents faits, il résulte que nous avons donné la préférence à un type de moteur à grande vitesse, et parmi ceux-ci, à la machine Willans, la plus répandue et celle, par conséquent, sur laquelle on a les données les plus certaines et les mieux contrôlees par la pratique.

A pleine charge, le rendement des machines à simple effet, genre Willans, est supérieur à celui des machines à double effet; il ne leur est que légèrement inférieur aux faibles charges.

Les machines à grande vitesse et à simple effet peuvent être facilement construites pour que les parties en mouvement soient soumises à un effort de même sens et à peu près de même intensité pendant une révolution tout entière ; on évite ainsi les chocs plus ou moins sensibles qui se produisent dans les machines à double effet deux fois par révolution au moment où l'effort change de sens.

La puissance que nous avons choisie pour unité corrrespond à 300 *ch* indiqués. Nous nous sommes basés pour ce choix sur ce que c'est à peu près la puissance moyenne nécessaire pour assurer la marche des appareils utilisés dans un puits. On peut aussi avec cette puissance faire plus facilement travailler les groupes à pleine charge que s'ils étaient d'une puissance supérieure et les groupes de réserve ne demandent que l'utilisation d'un capital restreint.

Chaque moteur à vapeur a trois manivelles avec décalage de 120° de l'une à l'autre, ce qui donne une grande régularité, et par conséquent une très grande douceur de marche, surtout à la

de régime qui atteint 360 révolutions par minute. Les
es sont, en réalité, composées de trois machines distinctes
e effet, chacune avec deux cylindres montés verticalement
em et travaillant en compound.
istons sont montés sur une tige creuse percée d'une série
:s disposés en cercle à des niveaux convenables. A l'inté-
ə la tige creuse se meut la valve centrale faisant l'office
érie de tiroirs pour admettre ou laisser échapper la va-
omme il est nécessaire que le mouvement de la valve soit
if relativement au mouvement du piston et que le piston
ıe est animé d'un mouvement alternatif, il est nécessaire
rposer le mouvement harmonique de la valve à celui du
Cela se fait d'une manière très simple, en plaçant l'excen-
le la valve sur la manivelle.
:e de la tige du piston s'articule à l'intérieur d'un cylindre
ı la partie inférieure et qui suit le piston dans son mou-
. Ce cylindre est guidé dans une chambre cylindrique
ıe coussin à air pour amortir le mouvement vers le haut
:es en mouvement. Immédiatement au-dessus de cette
ə se trouve un espace fermé par l'extrémité inférieure du
: à basse pression et mis directement en communication
conduite d'échappement. L'espace correspondant dans le
: à haute pression sert, pendant la période d'échappement
:lindre, de magasin dans lequel la vapeur se tient en at-
qu'elle puisse agir sur le piston du cylindre inférieur.
:gré d'admission est fixe pour chaque charge, et il est
r l'action du régulateur sur la valve d'admission qui est
ement équilibrée. Grâce à l'action de ce régulateur qui
ərer très rapidement, étant donnée la grande vitesse an-
les variations sont toujours faibles et de peu de durée.
ndres n'ont pas d'enveloppes de vapeur à cause du grand
d'admissions; ils sont simplement enveloppés de feutre
is.
s les parties des moteurs sont rigouseusement inter-
bles, de sorte qu'en réalité on pourrait se dispenser
achine de réserve en ayant quelques pièces de rechange.
sage des cylindres est fait au moyen d'un graisseur à
ılacé sur l'arrivée de vapeur. Quant aux manivelles,
nnent plonger dans un mélange d'eau de condensation
e et le répandent par éclaboussement sur toutes les par-
nouvement dans la chambre inférieure.

Nous ne nous étendrons pas sur la description du foncti
ment des machines Willans, ces machines étant bien conn
des descriptions en ayant paru dans la plupart des jou
techniques.

Le diamètre intérieur des cylindres à basse pression
508 *mm* et la course des pistons de 228,6 *mm* donnant une
linéaire de 1 371,6 *mm* par seconde au nombre de tours n

Les machines sont disposées pour marcher à volonté a
sans condensation. Elles commandent les alternateurs au r
d'un accouplement isolant et semi élastique, formé de deu
teaux munis de doigts placés suivant des diamètres différe
reliés en zigzag par une épaisse bande de cuir. L'alternate
ainsi efficacement isolé de la machine à vapeur, la communi
de l'un à l'autre se faisant uniquement par du cuir. Nous n'
pas employé le manchon Raffard à bagues de caoutchouc,
qu'il rend difficile le couplage en parallèle des alternateurs

La consommation de vapeur des moteurs descend au-d
de 7,5 *kg* par cheval indiqué et par heure pour marche à co
sation; elle ne dépasse pas 9 *kg* pour marche avec échapp
à air libre. Ces chiffres s'entendent pour marche à pleine c

Alternateurs. — Les alternateurs sont du type Thury à ind
avec les deux enroulements fixes. Ils se composent d'une
circulaire en acier coulé, formant culasse d'inducteur et d
section, par un plan passant par l'axe, représente deux U
sur champ de part et d'autre de l'axe. Au fond de l'espace
laire formé par les jambes de l'U est placé l'enroulement i
teur unique, qui, pour faciliter le refroidissement et au po
vue de l'économie, est formé de ruban de cuivre électrol
nu, enroulé avec de la tresse, le tout étant ensuite noyé d
gomme laque et séché à l'étuve. Cet enroulement forme plu
bobines parallèles entre lesquelles on ménage un certain je
assurer à la fois l'isolement et la circulation de l'air.

A l'extrémité de la jambe de l'U formant le plus pet
mètre est disposé un anneau formé de tôles de 5/10 de mill
d'épaisseur, isolées au papier, fortement serrées par des b
de ferro-nickel, vernies et séchées au four. C'est sur ces tôl
repose l'enroulement induit. L'emploi d'un métal très do
que la tôle recuite permet de réduire sensiblement la pe
hystérésis due aux courants alternatifs circulant dans les c
teurs induits, courants produisant dans leur voisinage des

gements de polarité deux fois plus rapides qu'il n'y a de périodes. L'effet sur la réduction des courants de Foucault est aussi excellent.

Les conducteurs induits sont disposés en trois séries de bobines formant un enroulement imbriqué. Ces bobines sont six fois plus nombreuses que les pôles inducteurs; elles sont disposées à plat sur les tôles exactement de la même manière que dans l'alternateur Stanley construit par la Compagnie Westinghouse. Les bobines sont solidement maintenues en place par des bandages en fil de ferro-nickel; du reste, comme elles sont immobiles, elles n'ont plus à résister qu'à l'effort tangentiel produit par le champ inducteur sur les conducteurs parcourus par le courant, au lieu d'avoir à résister, comme dans les machines ordinaires non seulement à cet effort, mais encore à celui de la force centrifuge.

Les conducteurs induits sont constitués par la réunion sous un même guipage de fils de cuivre d'un ou deux dixièmes de millimètre tordus ensemble de façon à constituer un petit câble. On diminue ainsi les courants parasites et le skin effect.

Dans ce type d'alternateur comme dans tous ceux dont les pôles ne sont pas alternés, on obtient une période complète en passant d'une dent à l'autre.

La partie mobile destinée à produire les variations de flux magnétique donnant naissance à la force électromotrice alternative dans les conducteurs induits est formée d'une couronne dentée en acier coulé qui vient se placer entre les jambes de l'U, les dents faisant face à l'enroulement induit. Cette couronne d'une seule pièce parfaitement équilibrée permet de ne laisser que des entrefers très réduits et aussi de tourner à de grandes vitesses périphériques.

Le fonctionnement de l'alternateur est comme suit : le courant d'excitation produit par des machines spéciales à courant continu parcourt l'enroulement inducteur et détermine sur tout le pourtour de la culasse un pôle nord et un pôle sud invariables comme position. Dans toutes les parties de la couronne où se trouve une dent, le flux magnétique fait son chemin par cette dent et quelques lignes de force seulement passent par les intervalles; nous avons donc un champ puissant sous les dents et faible dans les intervalles. Les surfaces étant lisses, la longueur d'entrefer est absolument invariable pendant une révolution et le nombre des lignes de force passant tant par les dents que par les intervalles est absolument constant, sauf, bien entendu, variations du cou-

rant d'excitation. Dans cette machine, les conducteurs sont immobiles et ce sont les lignes de force qui les coupent, mais du moment qu'il y a déplacement relatif, il y a production de force électromotrice.

Nous constatons dans cette machine les avantages suivants: bobine inductrice unique, donc, diminution de la dépense d'excitation; constance en grandeur et en direction du flux magnétique, d'où suppression des pertes par hystérésis et par courants de Foucault, du fait de l'inducteur; pas de contacts mobiles, donc diminution de dangers; partie mobile d'une seule pièce en métal résistant, d'où solidité.

Ces machines se couplent en parallèle sensiblement de la même manière que les alternateurs Mordey et sans adjonction de charge auxiliaire; elles sont parfaitement silencieuses, bien que le brassage de l'air par les dents de la couronne procure une ventilation énergique. Les cinq prises de courant, trois pour les courants triphasés et deux pour le courant d'excitation se trouvent à la partie inférieure de la machine et protégées par une boîte isolante d'où partent les câbles allant au tableau. Chaque alternateur produit environ 200 kilowatts sous 5 000 volts composés à 360 tours par minute. La justification de cette tension élevée se trouve dans la distance séparant quelques points de la distribution de la station centrale et dans la grande puissance à transmettre. Cette tension est facilement produite et isolée dans les alternateurs en raison de la fixité des enroulements; du reste la tension efficace n'est que 3 500 volts environ.

Le plus grand soin a été apporté à l'isolement des machines du sol; elles sont supportées par des isolateurs en porcelaine retournés et scellés dans des pots en fonte; de plus, elles sont entourées d'un plancher recouvert d'un tapis de linoléum et monté lui-même sur isolateurs.

Deux machines à courant continu spéciales avec leur machine à vapeur fournissent le courant d'excitation nécessaire à tous les alternateurs et aussi le courant pour l'éclairage du bâtiment et des ateliers annexes. Pour le réglage de l'excitation à chaque alternateur un rhéostat est disposé sur le tableau. Cette solution d'excitation générale au lieu d'une excitatrice spéciale par alternateur est très économique et simplifie le service en diminuant le nombre des machines à soigner.

Les alternateurs absorbant au maximum 1 1/2 0/0 de leur puissance pour l'excitation, et, l'installation première comportant

:imum 2400 *ch* en marche, nécessitent donc 36 *ch* pour tion. Chacune des excitatrices est de 50 000 watts et, par ient, largement suffisante pour assurer le service de l'exci- :t celui de l'éclairage. Une des machines avec son moteur onc toujours comme réserve.

la salle des machines, sauf au tableau, il n'y a d'apparents s conducteurs parcourus par des courants égaux ou infé- ı 110 volts. Tous les conducteurs à haute tension passent ı caniveau en briques vitrifiées reliées par un ciment d'as- et qui passe dans l'axe du bâtiment entre les deux ran- machines. Dans ce caniveau, les câbles sont montés sur ırs de porcelaine.

au. — Le tableau se compose d'un cadre en bois dur, e panneaux en marbre blanc, l'ardoise ne présentant pas anties suffisantes au point de vue des qualités isolantes.

partie supérieure de chaque panneau se trouvent les ls à haute tension pour les courants triphasés. Au-dessous ; barres de cuivre faisant communiqner les différentes es en service, se trouvent trois coupe-circuits fusibles spé- ıour la haute tension, enfermés dans des tubes de verre :s matières pulvérulentes inertes pour étouffer l'arc. Plus trouve le voltmètre électrostatique et le wattmètre, un mètre n'étant d'aucun usage dans notre cas, puisque l'on ıaît pas la valeur du décalage à chaque instant entre le et la force électromotrice.

les appareils de mesure se trouvent les interrupteurs. L'un re met la machine en relation avec les barres omnibus, et séquent, avec le réseau de distribution ; l'autre bipolaire de relier la machine par l'intermédiaire de deux barres :res, à l'appareil indicateur de synchronisme qui se trouve ·anneau central avec les différents départs. Toute cette lu tableau est protégée à l'avant par une épaisse glace de .ontée sur piliers ébonite ; les interrupteurs se manœuvrent termédiaire de cordelettes de soie.

›pareils pour l'excitation comprennent : voltmètre, ampère- :oupe-circuit fusible, interrupteur et rhéostat régulateur ant. C'est par l'intermédiaire de ce dernier appareil que out le réglage électrique de l'installation en augmentant inuant, suivant les circonstances, l'intensité du courant tion des alternateurs. Le gros réglage est fait par le régu-

lateur de la machine à vapeur qui maintient la vitesse sensiblement constante en dépit des variations de charge; on n'a donc plus à corriger par le réglage électrique que la réaction d'armature et les effets du décalage et c'est pour cela surtout que les indications du wattmètre sont utiles.

Le tableau étant placé sur une plate-forme dominant la salle des machines; l'électricien peut faire faire les manœuvres nécessaires aux mécaniciens de service près des moteurs à vapeur.

Les mêmes précautions d'isolement sont prises pour le tableau que pour les machines. Le départ des différents circuits se fait du panneau central. L'appareil indicateur de synchronisme est un transformateur à trois enroulements avec lampe témoin et ne présente rien de spécial. Du tableau, les différentes lignes de départ se rendent au dehors du bâtiment au moyen de câbles fortement isolés au caoutchouc et en passant par les parafoudres. Ceux-ci, du système Wurtz, sont basés sur la propriété qu'ont certains métaux ou alliages d'étouffer l'arc. Le zinc et l'antimoine en particulier présentent cette propriété.

Dans les parafoudres Wurtz, un certain nombre de cylindres d'un alliage approprié et d'environ 25 *mm* de diamètre sur 75 *mm* de longueur sont placés côte à côte dans une gaine de porcelaine et séparés par un intervalle d'environ un millimètre. Ces cylindres sont filetés très finement sur toute leur longueur; les circuits à protéger sont reliés respectivement aux cylindres des extrémités, tandis que le cylindre du milieu est en communication avec la terre. L'installation est, en outre, complétée par des coupe-circuits. La gaine en porcelaine, en deux pièces, est renfermée dans une enveloppe de fonte et le tout peut être placé en plein air. Le fonctionnement de ces parafoudres n'est pas encore parfaitement expliqué, la distance entre les cylindres jouant un grand rôle dans le résultat; mais il est certain que dans les nombreux endroits où ils ont été employés, ils se sont toujours montrés fort efficaces. Nous en avons monté deux sur chaque circuit au départ.

Distribution. — Pour la distribution, nous nous sommes arrêtés à l'emploi d'un réseau entièrement aérien au jour. Il aurait, en effet, été bien difficile, pour ne pas dire impossible, de maintenir en bon état de fonctionnement un réseau souterrain, en raison des mouvements de terrain et, d'autre part, le coût d'un tel réseau aurait été beaucoup trop élevé.

Les lignes en fil de cuivre électrolytique nu sont portées sur des poteaux en bois de 11,50 *m* de hauteur totale, présentant 10 *m* hors de terre. Le diamètre minimum des poteaux au petit bout est de 150 *mm*. Les conducteurs sont montés de façon à former les extrémités d'un triangle isocèle; ils sont disposés pour ne jamais se trouver dans le même plan vertical. Cela nécessite trois ferrures différentes, mais donne, par contre, une plus grande sécurité contre les contacts accidentels de fil à fil par suite d'allongements imprévus.

Les isolateurs sont en porcelaine à double cloche forme espagnole. Ces isolateurs donnent de meilleurs résultats que les isolateurs à garde d'huile, dont le liquide isolant ne tarde pas à se recouvrir d'eau de condensation qui en neutralise toutes les propriétés.

Comme précaution contre des accidents possibles à des gamins grimpant aux poteaux pour atteindre les fils, deux ronces artificielles sont enroulées en sens inverse depuis le bas jusqu'en haut. En outre, un collier muni de pointes recourbées vers le bas est fixé à 50 *cm* en dessous de l'isolateur inférieur.

Sur les lignes parcourues par des courants périodiques, la réactance joue un rôle qui est souvent plus important que celui de la résistance ohmique et la valeur de la réactance varie directement avec l'éloignement relatif des conducteurs. C'est en nous basant sur cette considération que nous avons placé les fils à l'écartement uniforme de 30 *cm* les uns des autres. C'est la limite inférieure à laquelle on peut arriver avec des fils nus; pour cette distance, la valeur du facteur d'indépendance n'est, du reste, pas trop considérable. Pour être dans de bonnes conditions de sécurité, nous n'avons eu qu'à ne pas espacer les poteaux à plus de 30 *m*.

La traversée sous les ponts ou sur les passages à niveau, les lignes suivant les voies de chemin de fer de la mine, et, en général dans tous les endroits fréquentés, les fils nus sont remplacés par des câbles isolés au caoutchouc et toujours fixés à la même distance les uns des autres. Tous les kilomètres sont placés des parafoudres analogues à ceux de la station centrale. Si une bonne terre ne peut être assurée dans le voisinage, on modifie l'emplacement du parafoudre. Ce service a nécessité une attention toute spéciale en raison de la fréquence des orages dans la région.

Nous avons décrit d'une manière générale l'installation des lignes de transport. Pour ne pas avoir à nous répéter un grand nombre de fois dans la description des appareils d'utilisation qui

sont évidemment toujours les mêmes à peu de chose près, dans les différents puits, nous ne décrirons qu'un seul groupe d'extraction en y ajoutant un certain nombre de cas spéciaux intéressants.

Installation dans un centre d'extraction.

Le groupe choisi se trouve à 6 *km* de la station centrale à laquelle il est relié par un circuit de trois fils de 4,5 *mm* de diamètre. Ce circuit dessert sur son parcours un autre groupe plus un ventilateur et un treuil au jour. Il est calculé pour transmettre aux deux groupes 600 *ch* avec une perte d'énergie inférieure à 5 0/0 à pleine charge.

Du dernier poteau, les fils cessent d'être nus, toujours en vue d'obtenir toute sécurité. Les câbles isolés qui les remplacent pénètrent dans le massif du puits par des tubes de porcelaine; un poste double de parafoudres est relié aux fils nus du dernier poteau. Une chambre en briques très fortement vitrifiées, reliées par du ciment à l'asphalte contient deux transformateurs de 100 kilowatts chacun. A l'intérieur des chambres, les transformateurs sont portés sur des traverses en bois paraffiné à chaud, et placés l'un au-dessus de l'autre. Une porte en fer doublée intérieurement d'un panneau isolant en bois ferme la chambre. Un tirage relié à la porte ouvre le circuit à haute tension et rend, par conséquent, les transformateurs inertes lorsque la porte est ouverte; on ne peut donc y toucher pour réparations ou pour toute autre cause qu'une fois le circuit ouvert. Toutes les communications tant primaires que secondaires sont faites à l'intérieur de la chambre des transformateurs qui contient aussi les coupe-circuits fusibles à haute et à basse tension.

Les transformateurs à noyaux multiples du type créé par la maison Schuckert sont chacun d'une puissance de 100 kilowatts et transforment le courant à 5000 volts en courant à 750 *volts* pour l'emploi dans les travaux du fond. Leur construction ne présente rien de saillant; ils sont isolés à l'ébonite et au mica moulé et munis d'une mise à la terre automatique du système Cardew pour éviter que le circuit secondaire ne puisse être parcouru accidentellement par le courant à haute tension en cas de contact entre bobines primaires et secondaires.

Des transformateurs part le câble isolé renfermant les trois

conducteurs disposés parallèlement et qui descend le long du tube du puits pour se rendre aux différents chantiers et points d'utilisation. Les conducteurs sont formés d'un toron de fils de cuivre étamé et isolés chacun par une couche de gomme naturelle, deux couches de caoutchouc vulcanisé et deux rubans caoutchoutés; puis les trois conducteurs sont câblés ensemble avec des cordelettes tannées, un guipage en filin tanné, deux rubans feuillard enroulés en sens inverse et recouverts de filin goudronné et d'un enduit spécial hydrofuge.

L'emplacement du câble, soit dans le puits d'entrée d'air, soit dans celui de retour d'air, n'est pas indifférent lorsque l'on peut choisir. Les câbles placés sur l'entrée d'air se recouvrent en hiver jusqu'à une profondeur assez grande de véritables colonnes de glace qui occasionnent des ruptures ou des interruptions. Sur le retour d'air il y a un autre inconvénient, l'air revenant chargé de vapeurs et de gaz attaque souvent les enveloppes de câbles et peut mettre rapidement les câbles hors de service. Mais ce dernier cas est rare et, en règle générale, il est préférable de placer les câbles sur le retour d'air.

Pour la fixation du câble le long du tube du puits, nous nous sommes écartés de la pratique généralement suivie et qui consiste à amarrer les câbles au jour et à les laisser pendre par leur propre poids en les faisant passer à la partie supérieure dans des tuyaux en fonte garnis d'une chemise isolante. Les câbles ont, dans ce cas, à supporter à l'amarrage des efforts anormaux; par suite des vibrations inévitables, la suspension ne tarde pas à se couper, et les câbles sont ainsi exposés à se rompre et à tomber au fond. Notre câble passe sur les isolateurs d'une ferrure spéciale qui a pour but d'éviter une trop forte courbure du câble, puis il est fixé tous les 20 *m* contre le muraillement du puits, au moyen d'un appareillage spécial, consistant en deux tiges métalliques scellées, dans lesquelles viennent s'emmancher deux pièces le bois formant mâchoire et pouvant être serrées au moyen de oulons placés sur les tiges scellées. On laisse un peu de lâche à haque fixation pour parer aux mouvements de terrain qui peuent se produire. Le câble ainsi collé à la paroi n'est que difficiment détériorable par les objets tombant des cages. Des ferrures ıalogues à celle du départ reçoivent le câble à chaque recette ı l'on a à prendre du courant. Le câble pénètre alors dans une ›ite de dérivation avec interrupteur et coupe-circuits fusibles, où part alors la véritable distribution dans les galeries.

Nous avons dit qu'au sortir des transformateurs le courant était ramené à 750 volts pour l'emploi dans les travaux du fond. Cette tension est certainement élevée; nous devons toutefois faire observer que la tension de l'un des conducteurs à la terre n'est, au maximum, que de $750 \times \sqrt{2} : \sqrt{3} = 620$ volts environ et que nous avons visité plusieurs installations à courants continus sous 750 volts.

Nous ne voulons pas ressusciter la controverse du danger relatif des courants alternatifs et des courants continus. Il semble pourtant solidement établi maintenant que l'on revient plus facilement des suites d'un contact avec courant alternatif à haute tension que lorsqu'il s'agit d'un courant continu de voltage équivalent. Sans vouloir suivre jusqu'au bout le docteur d'Arsonval, on peut dire qu'un grand nombre de personnes frappées de mort apparente par les courants alternatifs peuvent être rappelées à la vie par des soins intelligents, même quand ils ne sont pas donnés immédiatement. Nous nous croyons donc fondés à préconiser 750 volts alternatifs du moment que l'on emploie 750 volts continus dans les mines.

D'autre part, notre avis est qu'une tension même plus élevée que 750 volts peut être employée à condition que l'on prenne des précautions d'isolement convenables. On se leurre sur la sécurité des basses tensions qui, à certains moments, par suite de phénomènes d'induction, peuvent se trouver transformées en courants à haute tension. Un exemple tout récent en a été fourni en Amérique dans une mine sur un circuit à 280 volts continus. Un homme a été tué par l'effet direct du courant et cela parce qu'avec une tension aussi basse, on n'avait pas jugé nécessaire de prendre la plus petite précaution d'isolement, des centaines de personnes prenant contact journellement et sans accident avec des courants à tension plus élevée. Il faut bien remarquer que nous ne voulons pas dire par effet direct, que ce soit le courant à 280 volts qui ait provoqué la mort, mais bien que la mort n'est pas due, par exemple, aux suites d'une chute provoquée par un contact avec les conducteurs.

L'emploi d'un courant à 750 volts s'imposait, d'ailleurs, en vue d'avoir des câbles maniables et économiques, étant donnée la puissance à distribuer dans chaque groupe.

Dans le groupe que nous considérons, la couche exploitée a une puissance de 4 *m* environ avec un toit très ébouleux. On commence par enlever une tranche au mur, puis on prend, à par-

tir du plan, sur une longueur de 50 à 60 *m* afin d'éviter de trop fortes réparations de boisage. Autrement dit, c'est la méthode par tranches inclinées avec la couche prise en deux tranches. Le charbon enlevé est immédiatement remplacé par des remblais.

Pour le traçage on se sert avantageusement d'une haveuse mécanique d'origine américaine, la haveuse Jeffrey; elle se compose d'un solide bâti en acier rivé, à l'intérieur duquel peut se mouvoir le long d'une crémaillère, une sorte de truck portant le moteur, une chaine sans fin et les engrenages nécessaires pour la commande de la chaine par le moteur. La chaine porte, de distance en distance, des emboitements disposés pour recevoir les couteaux. Ces emboitements ont des inclinaisons différentes pour qu'avec des couteaux identiques on obtienne une entaille de 80 *mm* de hauteur.

Le moteur électrique d'une puissance de 15 *ch* fournit à la fois le mouvement à la chaine et le mouvement au truck, la vitesse d'avancement de ce dernier est réglée suivant la dureté moyenne de la matière à attaquer. Le mouvement en arrière s'obtient automatiquement quand le truck arrive à bout de course et sa vitesse est triple de la vitesse d'attaque.

La chaine passant entre deux plateaux en tôle d'acier solidement entretoisés, ne peut que difficilement être prise par les chutes de charbon; de plus, le mode d'attaque dans le sens des stratifications permet de dépenser moins de force et aussi de produire moins de menu. Chaque couteau ne travaillant guère que pendant un huitième du temps occupé par la chaine pour faire un tour complet, son échauffement est très limité, et sa durée, par conséquent, très longue. On ne les affûte jamais; lorsque leur usure devient trop considérable, on les envoie à la forge, où il suffit de leur donner quelques coups de marteau dans des matrices *ad hoc* pour leur donner leur forme et leur qualité primitives.

Les machines que nous employons font un havage de 1 *m* de largeur sur 1 800 de profondeur et 80 *mm* de hauteur en un temps qui ne dépasse pas quatre minutes avec des ouvriers exercés; ces quatre minutes comprenant le havage, le déplacement de la machine et sa remise en place pour une nouvelle opération. Chaque haveuse demande la présence de deux ouvriers; elle est montée sur un truck et pèse environ 1 100 *kg*.

Nous avons relevé les chiffres de l'énergie utilisée pendant un certain nombre de havages, ce qui nous a donné les moyennes suivantes :

Départ à vide	2 500 watts.	
Commencement de l'attaque.	8 000	—
Attaque (charbon de dureté moyenne). .	11 500	—
Retour en arrière.	5 000	— (1)

Pour compléter l'action des haveuses, on emploie un certai nombre de perforatrices rotatives électriques servant pour le fo rage de trous de mine dans les quartiers non grisouteux. Ce perforatrices sont analogues à celles construites par la *Genera electric Company* de Schenectady. Elles se composent d'un solide affût en fer avec un écrou permettant de les fixer solidement entr le sol et le toit ; cet appui porte un support destiné à recevoir le moteur. Celui-ci d'une puissance d'environ 3 *ch* à la vitesse de 1 800 tours par minute, commande par l'intermédiaire d'un engrenage le fleuret qui fait environ 500 tours. La tige porte-outil est filetée et c'est le pas du filet qui règle la vitesse d'avancement tant que la dureté de la matière n'est pas telle que la puissance du moteur ne soit plus suffisante pour produire l'avancement normal. Ce cas est prévu. La tige tourne dans un écrou serré lui-même par une bague de friction ce qui fait que quand la matière est trop dure l'écrou tourne dans la bague et la vitesse d'avancement est proportionnellement réduite ou même complètement annulée. La vitesse d'avancement dans les charbons est considérable ; on peut, avec cet outil, percer des trous de 1,50 *m*, avec deux mèches, en moins d'une minute. La tige porte-outil fatigue beaucoup en raison des vibrations intenses que lui cause la marche rapide du fleuret, néanmoins ces perforatrices sont de bons instruments qui rendent de grands services.

Pour justifier l'emploi des différents appareils mécaniques servant au transport des charbons abattus depuis les chantiers jusqu'à la recette, nous allons décrire l'opération complète du roulage.

Un travers-banc partant du puits 2 s'étend dans la direction des quartiers où se fait l'exploitation ; il est en communication avec un second travers-banc aboutissant au puits 1 et par lequel se fait le retour d'air. Les chantiers en exploitation sont situés à un niveau supérieur au travers-banc du puits 2, et, à mesure que l'exploitation avance, ils s'élèvent de plus en plus au-dessus de son niveau. Pour permettre aux chariots de charbon de gagner la recette, on procède comme suit : le mineur roule son chariot

(1) Une opération prend en moyenne, 0,24 *ch* heure.

plein de son chantier à la tête d'un plan incliné ; le chariot descend le long de ce plan qui est desservi par un treuil électrique, pendant qu'il monte sur la voie parallèle, soit un chariot vide, soit un chariot de remblais. Au bas du plan, le chariot est réuni à quelques autres pour former un petit convoi qui est emmené par un cheval dans une galerie qui se trouve le long de l'attaque et au niveau du travers-banc; il arrive à ce travers-banc par une traverse indiquée en rouge sur la figure schématique.

Le long du travers-banc entre les deux points marqués « moteur » se fait un trainage mécanique par corde tête et corde queue. Avec les chariots amenés par les chevaux on forme un convoi ; on attache en tête de ce convoi l'extrémité d'un câble rattaché d'autre part au tambour du treuil placé près du puits 2; on y attache en queue l'extrémité d'un autre câble enroulé sur le treuil placé au point de départ du convoi. On fait alors tirer le treuil placé près du puits qui entraîne le convoi vers la recette et déroule en même temps le câble placé sur l'autre treuil. Arrivé à la recette, le convoi se disloque pour monter au jour et pendant ce temps on reforme un convoi de vides ou de remblais qui en faisant tirer le treuil de l'extrémité du traînage est amené à proximité des chantiers auxquels les chariots sont distribués par l'intermédiaire des chevaux et des plans inclinés en suivant le chemin inverse de celui suivi par le charbon.

Les treuils du traînage sont menés par des moteurs de 40 *ch* effectifs, non que cette puissance soit nécessaire en temps ordinaire, mais parce que, dans les mines, il faut tenir compte de facteurs de sûreté qui sembleraient fabuleux pour des travaux au jour; les voies sont généralement en mauvais état à cause du mouvement perpétuel du sol des galeries qui tend toujours à remonter; le matériel roulant n'est pas ce que l'on peut rêver de plus parfait comme qualités de roulement; soumis à un maniement des plus rudes, il est construit pour pouvoir y résister; le graissage est fait très irrégulièrement; dans ces conditions, on peut admettre que le coefficient de traction sur un traînage au fond atteint au moins 30 à 40 *kg* par tonne à certains moments.

Sur le trajet que nous considérons, il n'y a pas de fortes rampes et celles de peu d'importance qui existent sont en faveur de la charge. Les convois sont d'un poids moyen de 20 *t* et leur vitesse normale de 10 *km* à l'heure.

Le treuil proprement dit se compose d'un tambour de 800 *mm* de diamètre muni de deux flasques en fonte contre l'une desquelles

vient s'appliquer une moitié d'un embrayage élastique, sys
Snyers. L'ensemble est complètement fou sur l'arbre moteu
seconde moitié de l'embrayage élastique est, au contraire, s(
ment clavetée sur l'arbre le long duquel elle peut prendı
mouvement longitudinal au moyen d'un levier. La moiti
l'embrayage, fixée au tambour, porte un certain nombre de
nelures radiales venues de fonte et assez profondes, l'autre m
porte des lamelles d'acier disposées aussi radialement, et pou
venir s'intercaler dans les cannelures, provoquant alors l'er
nement de l'autre moitié. Cet appareil constitue un bon lim
de puissance d'entraînement en ce sens que pour une cer
valeur au-dessus de la puissance pour laquelle il a été ét
les lamelles d'acier glissent sur les cannelures sans provo
l'entraînement. Au moment d'un démarrage, surtout en ch
il se produit toujours un certain glissement relatif qui pe
l'entraînement sans à-coup. On peut, avec cet appareil, lanc
moteur à sa vitesse de régime et alors seulement mettre le t
en mouvement sans provoquer de chocs au départ des char
le glissement étant relativement considérable pendant quel
instants.

La commande par le moteur se fait en dehors au moyen d
vis sans fin; la réduction de vitesse est de 10 à 1. La vis
triple filet et la roue taillée avec une fraise de la forme de la
l'inclinaison a été choisie en vue d'obtenir la réversibilité. l
semble est renfermé dans une boite en fonte; la vis et la p
inférieure de la roue sont plongées dans l'huile; le fonctio
ment est excessivement doux; des butées en acier sont dispo
pour recevoir la pression de la vis tant dans un sens que
l'autre; elles sont constamment lubréfiées par l'huile conte
dans la partie inférieure de la boite de fonte. La vis est en
et la roue en bronze.

Le moteur est du type von Dolivo Dobrowolski avec induc
fixe et induit mobile, par conséquent sans bagues de con
L'induit porte un enroulement en tambour fermé sur lui-mê
les différents conducteurs qui le forment, bien isolés, sont pa
dans des trous percés dans les tôles formant l'armature; les
nexions d'un conducteur à l'autre sont faites au moyen de lam
de cuivre disposées en développantes de cercle; elles procu
une certaine ventilation à l'induit et à l'inducteur. Les fils in
teurs disposés aussi dans des encoches des tôles forment, sui
la puissance et le type, un plus ou moins grand nombre de p

l'inducteur et l'induit présentant des surfaces lisses, on a pu réduire l'entrefer à une dimension excessivement faible assurant un très bon circuit magnétique, pratiquement sans pertes. Le facteur de puissance pour les moteurs de 40 *ch* atteint environ 90 0/0 à pleine charge.

Les dimensions des conducteurs sont prises suffisantes pour que les plus forts courants susceptibles de les parcourir au démarrage ne puissent y produire un échauffement dangereux. La valeur de ces courants est, du reste, parfaitement déterminée, la mise en marche se faisant par l'intermédiaire de bobines à réaction donnant une force électromotrice réduite à un chiffre bien connu et qui permet de calculer facilement l'intensité maximum du courant.

L'emploi des bobines à réaction pour le démarrage simplifie beaucoup les moteurs, en ce sens qu'étant placées sur les circuits amenant l'énergie aux moteurs, il n'est pas nécessaire de mettre des bagues de contact et des balais à l'induit mobile qui reste tout à fait indépendant et se règle par induction.

L'appareil de mise en marche se compose de trois noyaux en fer doux feuilleté portant des enroulements sectionnés égaux et présentant, par conséquent, à peu près le même coefficient de self-induction. Ce coefficient varie naturellement pour chaque moteur de puissance ou de type différent. Les extrémités de chaque section aboutissent à une triple série de plots disposés en cercle et sur lesquels peuvent se mouvoir trois bras de contact espacés de 120° l'un de l'autre. Le premier plot de chaque série fait interrupteur et les plots suivants diminuent le nombre de spires intercalées, jusqu'au dernier qui met les bobines à réaction hors circuit.

Tous les moteurs de treuils sont établis pour qu'avec le démarreur donnant la self-induction maximum, le couple moteur à la mise en marche soit égal au moins à deux fois le couple moteur à pleine charge en vitesse de régime, et l'on peut obtenir un couple moteur beaucoup plus considérable en se servant du moteur lancé, par le jeu de l'embrayage élastique. On casse de temps en temps un certain nombre de lamelles, mais il n'est besoin de les remplacer que lorsqu'il en manque une grande quantité, et, en tous cas, les frais de remplacement ne sont pas considérables.

Les treuils pour les plans inclinés présentent une disposition générale analogue ; la puissance et les dimensions seules diffèrent ;

les moteurs sont de 25 *ch* et font 320 tours par minute. Le :
vement de montée étant plus lent, la réduction de vitesse ε
même et se fait aussi par vis tangente. Les tambours des tr
peuvent être de dimensions très réduites, la longueur des]
atteignant rarement 100 *m*. Par contre, il y a deux tambou
le moteur est placé entre les deux; l'ensemble est ainsi r
plus compact. Les treuils de plan sont, du reste, exposés
maniement plus rude que les treuils de traînage, du fait (
sont fréquemment déplacés. Le démarrage s'obtient auss
moyen de bobines à réaction, mais il y a en plus un inveı
de courant permettant de changer le sens du mouvement ṛ
moteur électrique, évitant ainsi toute une série d'engrenage:
combrants et difficiles à maintenir en bon état dans l'atmosṛ
chargée de poussière de charbon, que l'on rencontre prè:
chantiers d'exploitation. Les accouplements élastiques sont
primés sur ces treuils, toujours en vue d'en simplifier la (
truction et aussi la manœuvre, le mécanicien ayant suffisamı
à faire avec le démarreur, l'inverseur et le frein.

Bien que dans le groupe dont nous nous occupons il n'y ai
de grisou, la couche que l'on y exploite étant composée d'an
cite, tous les appareils électriques de manœuvre sont les m
que ceux employés dans les quartiers grisouteux. Ils ont reçu
forme spéciale permettant de noyer toutes les parties où il ṛ
rait se produire des étincelles dans un bain isolant et prati
ment incombustible.

Ces appareils se présentent sous la forme d'une boîte circu
à base de marbre et parois latérales en laiton. La base de ma
porte les plots de contact, qu'il s'agisse d'un démarreur ou
inverseur. Dans le cas d'un démarreur, les bobines à réac
placées elles-mêmes dans une boîte métallique, viennent occ
la partie inférieure de la plaque de marbre; dans les invers
la base de cette plaque est protégée par le prolongement de:
rois métalliques formant récipient étanche. Une couche d'l
de résine de 40 *mm* d'épaisseur est versée sur la plaque et re
verte d'un couvercle laissant passer la tige de l'arbre de manœ
et protégeant le bain isolant contre les poussières. Tous les a
reils sont visités au moins deux fois par semaine par les éle
ciens de service, qui changent les bains à la moindre appar
de composition anormale.

L'huile de résine employée est sensiblement neutre et prati
ment incombustible. Les seuls échauffements qui peuvent se

ont dus aux étincelles de rupture, dont la durée n'est pas ıte pour élever la masse du bain à la température d'inflam- é.

es les prises de courant, pour les différents appareils, se r le câble principal au moyen de boîtes de dérivation rem- 'isolant liquide.

:ravers-bancs et, en général, toutes les galeries à demeure ırées au moyen d'un ventilateur aspirant placé sur le puits ›ur d'air. Ce ventilateur, du système diamétral Mortier, de 16 à 18 m^3 par seconde, avec une dépression de 40 à d'eau. Le moteur électrique qui le commande a une puis- le 25 *ch*; il est disposé pour marcher en marche synchrone iger les effets de self-induction des moteurs asynchrones, ınsformateurs et de la ligne sur cette partie du circuit; ə but, il est hypercompoundé de près de 20 0/0. On peut u'en principe la self-induction n'est jamais exactement e, il y a toujours manque de balance bien exacte, mais est toutefois fort sensible. Nous n'avons pas pu établir la condensatrice nécessaire du moteur synchrone donnant illeurs résultats en raison de l'irrégularité de la marche des nts appareils d'utilisation placés au fond. Le ventilateur et eur accouplés directement font 320 tours par minute et ;unis par un manchon Raffard. Ces ventilateurs principaux nnent sans aucune interruption. L'emploi de l'électricité a de supprimer une batterie de chaudières et deux chauffeurs. ; les travaux du fond, qui ne peuvent être aérés par le cou- 'air principal, comme, par exemple, dans les galeries en ›ment, on installe de petits ventilateurs facilement dépla- , tels que celui que nous représentons.

appareil, du type Ser-Galland a un diamètre d'aubes de *n*; il est commandé, au moyen de deux courroies, par un r de 6 *ch*. La commande directe n'a pu s'effectuer, dans ce cause de la largeur qu'aurait occupée l'ensemble et qui rendu son passage difficile dans certaines galeries.

a vitesse de 1 200 tours par minute, ce ventilateur peut r 1,8 m^3 d'air par seconde, sous une pression de 80 *mm* d'eau. s ne mettons pas de démarreur aux moteurs de ventila- le couple moteur étant presque nul au départ et croissant nent à mesure que le moteur se lance.

nme petit ventilateur transportable, nous employons beau- au fond, des ventilateurs multiplicateurs Mortier, présen-

tant un diamètre d'aubes de 450 *mm* avec une largeur de 300 *n* commandés par des moteurs électriques de 3 *ch* et débitant viron 2 m^3 d'air par seconde.

Un autre ventilateur mi-fixe du même type peut débiter 3 à 4 m^3 par seconde à 1 000 tours par minute en absorbant t près de 7 *ch.*

Toute l'eau provenant des différentes parties de l'étage en ploitation est envoyée dans le puisard du puits 2, où elle est prise par une pompe à double effet munie d'un moteur de 50 qui la refoule d'un seul jet jusqu'au jour.

C'est une ancienne pompe à action directe, type Worthingt marchant à l'air comprimé et dans laquelle on a supprimé cylindres à air. En dépit d'un réchauffage de l'air au moyen d' foyer à coke, le rendement était très faible et l'absorption d' était si considérable que cette pompe ne pouvait marcher q dans l'intervalle des postes, alors que les autres machines uti sant l'air comprimé étaient arrêtées.

Le matériel électrique employé dans le groupe se décomp comme suit :

	Chevaux	Chevaux
	—	—
2 haveuses.	15	30
4 perforatrices	3	12
2 treuils de trainage	40	80
3 treuils de plan	25	75
2 ventilateurs mobiles. . . .	3	6
1 ventilateur mi-fixe	»	7
1 pompe duplex	»	50
1 grand ventilateur aspirant .	»	25

Soit un total de 285 *ch*, sur lesquels jamais plus de 150 *ch* sont utilisés à la fois.

La production est d'environ 600 *t* en un poste. Outre ce group il y en a quatre autres avec des productions journalières appro matives de 400 *t*, 1 400 *t*, 1 600 *t* et 1 250 *t*.

Dans l'un de ces groupes on a à remonter une venue d'eau 2 400 m^3 d'eau par jour de 500 *m* de profondeur. Ce travail fait par deux pompes électriques capables chacune de tirer venue en marchant vingt-quatre heures par jour. C'est-à-dire q les deux pompes marchant ensemble font le travail en do heures. Cela permet de faire l'épuisement des eaux en dehors postes à charbon, lesquels, sauf de rares exceptions, ne se f

matin, laissant ainsi disponible la puissance utilisée à ce
.t-là pour les treuils, haveuses et perforatrices. On peut
.ire travailler les génératrices presque à pleine charge tout
ps avec, par conséquent, une excellente utilisation du
el.
noteurs électriques sont d'une puissance effective de 250 *ch*
; ils marchent synchroniquement, une fois le démarrage
; ils sont hyperexcités d'environ 5 0/0 pour annuler les
le la self-induction sur la ligne de transport. Leur vitesse
e est de 240 tours par minute et ils attaquent la pompe
ondante par un engrenage réduisant la vitesse de 4,75 à 1.
ıpe est à 6 corps et fait normalement 50 tours par minute;
bit est donc excessivement constant. Les démarrages se
ilement grâce à une forte résistance non inductive spé-
ue l'on peut intercaler dans le circuit induit des moteurs.
marchent au plein voltage de la station centrale, c'est-
environ 5000 volts; on a donc dû prendre de grandes pré-
s pour l'isolement. Les conducteurs venant du jour passent
ı bure spécial; grâce à cela on a pu employer du cuivre
fixant les fils tous les 20 mètres sur des isolateurs en
ine qui maintiennent l'écartement et répartissent la ten-
ie au poids sur toute la longueur. A la base du bure, les
nducteurs trouvent un conduit asphalté qui les mène au
de distribution. Du tableau ce sont des câbles sous plomb
haut isolement qui établissent la communication avec les
s.
ıison de l'importance des pompes pour les travaux souter-
l y a une double ligne entre la station centrale et l'orifice
.
noteurs électriques sont montés sur isolateurs comme les
rices et entourés d'un plancher isolant. Le pignon est isolé
du moteur par des plaques de cuir et les boulons de fixa-
t une chemise isolante, tandis que les écrous viennent
orter sur d'autres plaques de cuir.
ne nous l'avons dit plus haut, chaque pompe est à six
rois de chaque côté de l'axe moteur. La course commune
ıgeurs est de 800 *mm* et leur diamètre de 125 *mm*. Le débit
ondant à chaque coup de piston est donc de 9,81 *l* théori-
ıt et, en admettant un rendement de 85 0/0 en eau élevée,
l; ou, par tour, 50 *l* et par heure environ 150 m^3. Toutes
ies des pompes soumises à l'effort de l'eau sont en acier

coulé: la colonne de refoulement est en tôle d'acier rivée; l
tesse de l'eau y est limitée à 800 *mm*.

Comme dernière application intéressante de la distributio
force motrice par l'électricité, nous citerons les moteurs à
micile.

Après la suppression à peu près complète du triage à la ı
sur le carreau des puits, triage qui occupait nombre de fem
et de jeunes filles, la Compagnie des mines, désireuse de
créer des ressources autrement, avait construit un tissage de
et de coton qui occupait six cents ouvrières.

Cet établissement ne remplissait pas encore le but que s'
proposé la Compagnie. En effet, la grande majorité des je
filles qui travaillent au tissage abandonnent leur métier au
ment de leur mariage. Pour quelques-unes c'est la distance
est devenue trop grande; pour d'autres les heures de travai
mari, les enfants, etc. Dans le but de faciliter aux femmes ma
l'obtention d'un petit gain venant augmenter les ressource
ménage sans porter atteinte à l'organisation de la famille
Compagnie s'est décidée à donner du travail à domicile et
en fournissant des métiers à tisser ou des machines à tric
aux anciennes ouvrières du tissage mariées qui en font la
mande.

Le travail d'une femme ayant à vaquer aux soins de son
nage doit évidemment se réduire à un travail de surveillanc
pour cela les métiers doivent marcher mécaniquement.

La présence d'un réseau de distribution d'énergie électr
pour les travaux de la mine indiquait la solution. Des transfo
teurs ont été placés sur la ligne à haute tension ramenant le
rant de 5 000 à 60 volts et chaque cité ouvrière est entièrer
desservie par un réseau à 60 volts. Dans chaque maison oì
placé un métier, le courant est fourni par un câble sous pl
à trois conducteurs et les prises au moteur sont renfermées
une boîte plombée pour éviter que l'on ne prenne le courant
d'autres usages que le fonctionnement des moteurs.

L'arrêt et la mise en marche des moteurs s'obtiennent au m
d'un simple interrupteur.

Deux procédés ont été employés pour la commande des
tiers par les moteurs électriques.

Dans le plus ancien en date, celui que nous illustrons, on
au-dessus du bâti du métier, du côté de la poulie de comma
un support métallique; le moteur est suspendu d'un côté pa

oint à charnière et, d'autre part, par un fort ressort à boudin dont la tension se règle par une vis et qui sert à maintenir toujours en bonne tension la courroie qui relie la poulie du moteur à la poulie du métier.

Pour arriver à supprimer complètement les courroies, un nouveau modèle a été créé dans lequel le moteur est fixé au pied du bâti du métier et l'actionne au moyen d'une vis sans fin. Le coût de la commande est alors plus élevé et le rendement un peu moins bon. Par contre, cette solution diminue les chances d'accidents et aussi les arrêts et inconvénients dus à l'allongement des courroies ou à leur chute. D'autre part, dans une commande par vis sans fin, les moteurs peuvent tourner très vite ou, plus exactement, faire un très grand nombre de tours sans que la roue tangente devienne d'un diamètre exagéré; ils sont donc plus légers et meilleur marché, compensant ainsi le surplus de frais dus à la transmission. En pratique, les moteurs pour commande par courroie font de 1 000 à 1 200 tours et ceux pour l'autre système le double. La puissance des moteurs varie de 1/4 à 1/3 de cheval et le rendement de 50 à 65 0/0.

Frais d'exploitation.

Nous ne saurions évidemment donner le prix de revient du cheval-heure utile à chaque appareil; les périodes de fonctionnement et leur durée sont trop irrégulières pour que l'on puisse arriver à un résultat même approximatif. Mais, ce que nous ne pouvons faire pour l'utilisation, nous pouvons le faire pour la production en comptant toutes les dépenses courantes de la station centrale, en faisant intervenir l'amortissement sur le capital engagé et en établissant, aussi exactement que possible, le nombre de chevaux-heures produits.

En gros, les dépenses d'établissement se décomposent comme suit :

Bâtiment des machines, pont roulant, etc.	75 000 f
Gazogènes, chaudières, cheminée, tuyauterie. . .	316 000
Matériel mécanique et électrique complet.	524 000
TOTAL GÉNÉRAL.	915 000 f

Sur cette somme nous portons les amortissements suivants :

Cheminée, bâtiments, tableau et communications 2 0/0	2 020
Chaudières, gazogènes, tuyauterie 7 0/0	21 280
Matériel mécanique et électrique en mouvement 10 0/0	50 500
Amortissement annuel	73 800

Les frais d'exploitation proprement dits comprennent l'entr tien qui vient aussi exactement que possible à 1 0/0 du capi engagé, soit 9 150 *f*.

Le personnel comprend :

1	Contremaître mécanicien-électricien, par mois.	250 *f*
4	Électriciens	140
4	Mécaniciens	125
2	Manœuvres	100
16	Chauffeurs	110
4	Alimenteurs	110
4	Rouleurs de crasse	100

En plus, il y a deux chevaux pour le roulage des crasses à 100 l'un. Les frais annuels de personnel s'élèvent donc à 51 240 *f*.

Le graissage, les chiffons et l'éclairage coûtent 3 610 *f* par an

Pour le combustible qui n'*a pas de valeur commerciale*, on n paye que la manutention et différents petits frais accessoires re présentant 0,50 *f* par tonne ce qui donne un total annuel d 23 350 *f*.

L'ensemble des dépenses annuelles, amortissement compris s'élève donc à 161 150 *f*.

La puissance moyenne de l'usine pendant les vingt-quatr heures est très sensiblement supérieure à 1 500 *ch* indiqués e raison du grand nombre d'appareils alimentés tant au fond qu'a jour et dont l'utilisation se fait à des moments différents just ment en vue de répartir la charge aussi uniformément que po sible sur les différentes heures de la journée. Nous tablero sur cette puissance pour avoir le prix de revient approxima du cheval-heure aux barres omnibus du tableau de distributio

Les 1 500 *ch* indiqués aux moteurs à vapeur représentent 1 260 au tableau soit, pour 365 jours par an et 24 heures par jo

0037 600 chevaux-heures mettant à 0,016 *f* environ le prix de revient du cheval-heure utile.

L'établissement du rendement d'ensemble est encore plus impossible que celui du prix de revient de la force motrice utilisée à chaque appareil. Nous ne pouvons guère que donner les chiffres du rendement propre à chaque appareil et en tirer ensuite le rendement approximatif de quelque gros appareil à marche à peu près continue, comme les pompes placées à 500 *m* de profondeur.

Rendement	des machines à vapeur à pleine charge		91 0/0
—	des alternateurs		93
—	des transformateurs de 100 kilowatts		96
—	des moteurs de 250 *ch*		92
—	—	60	90
—	—	25	87
—	—	6	80
—	—	3	75
—	—	1/3	65

Ce qui nous donne, pour une pompe de 250 *ch* le rendement industriel suivant des chaudières à l'eau élevée :

Machine à vapeur	91 0/0
Alternateur	93
Ligne	97
Moteur	92
Engrenage	95
Pompe	70

Soit en tout un peu plus de 50 0/0. Avec l'air comprimé sans chauffage, celui-ci ne pouvant être utilisé dans les travaux souterrains, nous avons relevé, dans les mêmes conditions, des rendements maxima oscillant de 16 à 20 0/0.

CHRONIQUE

N° 201.

SOMMAIRE. — Essais d'une machine fixe de grande puissance. — Les alliages d'al dans la construction des machines. — Distribution d'eau de mer à Londres. ration des eaux d'égout. — Perfectionnements dans la construction des coffres·

Essais d'une machine fixe de grande puissance. - avons eu à diverses reprises l'occasion de signaler des moteurs à fixes atteignant des puissances qui eussent paru irréalisables, quelques années à peine. Nous croyons devoir donner aujourd'hı ques détails sur une machine à triple expansion, construite par la bien connue, Sulzer frères, de Wintherthur, et qui développe (2 000 *ch*. Ces détails sont extraits du *Zeitschrift des Vereines Deuts(genieure*.

Ce moteur a été établi l'année dernière dans la filature de c L. König jun., à Saint-Pétersbourg, pour remplacer deux m horizontales et une machine à balancier qui occupaient beauc place et nécessitaient des transmissions très compliquées.

La machine dont nous nous occupons a 4 cylindres horizor deux manivelles calées aux extrémités d'un arbre portant au une poulie volant; les manivelles sont à 90° l'une de l'autre. D' se trouvent disposés en tandem le cylindre à haute pression et lindre à basse pression et, de l'autre côté, le cylindre interméd l'autre cylindre à basse pression. Avec cet arrangement les effo sensiblement égaux sur les deux manivelles.

Les cylindres ont les diamètres suivants : cylindre à haute ɪ 0,760 *m* ; cylindre intermédiaire 1,130 *m* et cylindres à basse ɪ 1,310 *m*, avec 2 *m* de course commune. Les volumes sont ainsi rapport de 1 — 2,22 et 6. Tous les cylindres sont à enveloppe peur pour la partie cylindrique et pour les fonds. La distribution pour chacun par 4 soupapes équilibrées, commandées par des portées par des arbres longitudinaux mus par l'arbre moteur p termédiaire de roues d'angles. L'admission peut varier au petit c entre les limites de 0 et 59 0/0 de la course.

Chaque cylindre à basse pression a un condenseur séparé, et l cylindres de chaque côté peuvent fonctionner comme machine iı dante. Les pompes à air ont 0,560 *m* de diamètre et 0,600 *m* de elles sont horizontales et les pistons sont actionnés par des ba verticaux rattachés par des bielles à l'extrémité des boutons des manivelles.

Les axes des deux lignes de cylindres sont écartés de 6,30 *m* ;

ı 0,44 *m* de diamètre aux portées des coussinets et 0,640 *m* à la ıns laquelle est claveté le volant ; celui-ci à 8,90 *m* de diamètre r : il porte 36 gorges dont chacune peut recevoir un câble de e diamètre. Le nombre de tours normal est de 56 par minute, lonne une vitesse à la circonférence de 26 *m* par seconde ou l'heure et une vitesse de piston de 3,73 *m* par seconde.

peur est fournie par 11 chaudières horizontales de 1,80 *m* de e et 8,80 *m* de longueur avec un carneau intérieur de 1 *m* environ ètre. Chaque chaudière présente 70 m^2 de surface de chauffe et e surface de grille. Sur chacune se trouvent deux cylindres ho- x de 0,60 *m* de diamètre et 8 *m* de longueur, autour desquels cir- es gaz chauds et qui servent, en même temps, de réservoirs et urs pour la vapeur.

teur a été installé en 1895 et a donné lieu à des essais très in- ts au mois d'août de la même année.

relevé simultanément et toutes les 15 minutes des diagrammes ue extrémité des 4 cylindres avec des indicateurs dont les res- ient été soigneusement tarés.

bleaux ci-joints donnent les résultats principaux obtenus dans s.

s des essais	I	II	III	IV
s essais	10 août	10 août	17 août	17 août
les essais, en minutes.	306	322	272	327
de diagrammes relevés	8 × 20	8×23	8×20	8×23
n moyenne initiale au cylindre HP. *kg*	10,22	10,40	10,43	10,48
oyen au cylindre BP, droite . . . . *m*	0,690	0,690	0,689	0,689
oyen au cylindre BP, gauche . . . *m*	0,693	0,691	0,693	0,692
de tours moyen	56,23	56,28	56,18	56,18
indiqué en chevaux	1 897	1 860	1 875	1 848
e d'eau d'alimentation par heure. . *kg*	9 846	9 591	9 667	9 402
sation dans la conduite par heure. . *kg*	78,4	41	36	36
e d'eau par la machine par heure. . *kg*	9 768	9 550	9 631	9 366
e par cheval indiqué et par heure. . *kg*	5,149	5,134	5,138	5,069
		Moyenne :	5,122 *kg*.	
de chaudières en feu.	8	7	7	7
totale de chauffe . . . . m^2	560	490	490	490
ı brûlé par heure . . . . *kg*	1 132	1 129	1 082	977
ı brûlé par cheval-heure . . . . . *kg*	0,597	0,607	0,577	0,530
		Moyenne :	0,578 *kg*.	
par mètre carré de surface de chauffe .	17,58	19,30	19,73	19,20
par kilogramme de charbon.	8,78	8,49	8,97	9,62
		Moyenne :	8,562 *kg*.	

t observer à ce sujet que les chaudières, lors des essais, avaient semaines de service sans avoir été nettoyées et que le service laissait à désirer. Bien que la vaporisation ait été satisfaisante,

8,56 *kg* en moyenne, on estime qu'elle eût pu être supérieure; e
dans d'autres essais, avec les mêmes chaudières et le même combu
on a vaporisé jusqu'à 10,2 et 10,4 *kg* d'eau par kilogramme de co
tible. Avec cette dernière vaporisation et la dépense de vapeur
faible constatée dans les essais précédents, soit 5,069 *kg*, la cons
tion de charbon par cheval indiqué et par heure serait descen
taux extrêmement bas de $\frac{5,069}{10,4} = 0,487$ *kg*.

Ces chiffres sont intéressants à noter en présence des prédictio
n'accordent plus à la machine à vapeur que quelques années d'exi

Les alliages d'aluminium dans la construction machines. — Au moment où on se préoccupe de trouver des e
à l'aluminium que les perfectionnements des procédés de fabr
permettent de produire aujourd'hui à des prix abordables, les ren
ments suivants, extraits de l'*Aluminium World*, présentent un
intérêt.

On prépare depuis peu, aux États-Unis, des alliages de cuivre et
minium obtenus directement avec des minerais de ces deux mét
four de réduction et ces alliages peuvent remplacer le bronze avec
tage. Leur poids spécifique est compris entre 3 et 3,15 alors que ce
bronze est de 8,20 à 8,40; ce dernier pèse donc de 2,6 à 2,7 foi
Ils contiennent plus d'aluminium que le bronze ne contient de
et, si on multiplie le prix de l'unité de poids du bronze par sa
et qu'on compare le produit au produit correspondant pour l'allia
trouve l'égalité ou même une valeur moindre; autrement dit, à v
égal, l'alliage dont nous nous occupons peut être vendu un peu m
marché que le bronze. Ainsi le kilogramme coûte de 20 à 27 c
livre anglaise, ce qui donne, en mesures françaises, de 2,25 *f* à
le kilogramme, suivant la qualité.

La composition est de 60 à 65 0/0 d'aluminium pur, le reste co
nant du zinc, du cuivre, du nickel, du manganèse, du fer, et, da
tains cas, du titane, du chrôme ou du tungstène, selon le but q
propose. Ces alliages n'ont pas plus de retrait à la fonte que le br
on peut les fondre dans des creusets de plombagine, l'usage com
à s'en répandre dans les grandes fonderies de cuivre des États-U

On sait que les bronzes spéciaux, connus sous le nom de bronze
phoreux, bronze d'aluminium, bronze au manganèse, etc., coûte
cher de fabrication que les bronzes ordinaires. Ils sont donc d'u
plus élevé que les alliages dont nous parlons. Ces derniers ne c
pas plus cher que les plus basses classes de bronze dans lesque
introduit jusqu'à 10 0/0 de zinc et dont la résistance est peu consid

Les alliages dont nous parlons, laminés en feuilles, donnent une
tance à la rupture de 32 à 35 *kg* par millimètre carré. En objets
la résistance est encore de 12 1/2 à 21 *kg* avec un coefficient d'él
de 25 à 35 0/0. Certains alliages spéciaux contenant jusqu'à
d'aluminium, préparés par la Pittsburg Reduction Company, o
résistance à la rupture garantie de 17,5 à 21 *kg* par millimètr
avec un coefficient d'élasticité dépassant 40 0/0.

·ibution d'eau de mer à Londres. — On a, depuis
ps signalé l'intérêt qu'il y aurait à employer l'eau de mer pour
;e des rues et l'extinction des incendies lorsqu'on ne dispose
villes que d'une quantité limitée d'eau de rivière ou de source.
ɛ de l'eau de mer s'explique naturellement au bord de la mer
la distance où elle doit être envoyée est nulle ou très faible.
ı dehors de ces cas, l'avantage de l'emploi de l'eau de mer est
ınd pour que cet emploi soit justifié dans d'autres circonstances.
ai va être fait à Londres sur une grande échelle et nous trouvons
ls suivants sur ce projet dans une communication récente de
k Grierson à la *Society of Arts*.
.ume distribué par jour atteindra 40 à 45 000 m^3. La prise à la
, avoir lieu à Lancing, entre Brighton et Worthing, endroit où
mer est très pure.
sera d'abord amenée dans un bassin de dépôt dont le fond sera
ıviron au-dessous des hautes mers ; ce bassin aura une capacité
) m^3. Des machines élévatoires placées à côté de ce bassin refou-
ɜau dans un réservoir situé à Steyning, près du haut d'une
oisine. Ces machines sont les seules qui seront employées pour
ɔution. Le réservoir dont nous venons de parler est placé à 150 *m*
au-dessus du niveau des hautes mers et a aussi une capacité de
^{3}.
s'écoulera de là par l'effet de la gravité dans un troisième réser-
ıé à Epsom à 60 *m* au-dessus du niveau de la mer. Sa capacité
lement de 45 000 m^3. De ce réservoir l'eau arrivera, toujours par
la gravité, à Londres, où elle sera distribuée sous la pression
ndant à cette hauteur, pression qui sera supérieure à celle
délivrée actuellement par la plupart des compagnies d'eaux.
ut le parcours, l'eau est amenée par des conduites et, comme
voirs de Steyning et d'Epsom contiendront à eux deux le volume
:e pour deux jours, les conduites seront toujours pleines et il
s de danger que l'eau puisse y geler.
ɜmière localité qui ait fait usage de l'eau de mer pour l'arrosage
est Ryde, il y a plus de quarante ans. Tynemouth suivit en 1872.
ıple a été imité par Barrow-in Furness, Birkenhead, Blackpool,
Bournemouth, Falmouth, Great Yarmouth, Grimsby, Gosport,
ı, Littlehampton, Plymouth, Portsmouth, Shoreham, South-
Torquay, Weymouth, etc.
rience faite dans ces localités a démontré que l'arrosage à l'eau
lonne un effet deux et trois fois plus considérable que l'arrosage
louce. L'eau de mer maintient le sol humide pendant plus
ɔs sans donner de boue. Elle durcit le macadam et forme une
croûte qui prévient la production de la poussière. Son emploi
ut précieux pour le pavage en bois auquel elle donne la seule
ɿui lui manque ; il retarde, en effet, la décomposition des
putréfiables et prévient la production des odeurs dont le
,t trop souvent fondé à se plaindre. Au moment où le pavage
end à se substituer aux pavés de grès ou au macadam, c'est
idération importante.

On sait que l'eau de mer contient à peu près 3 1/2 0/0 de sels o pour plus d'exactitude, 365 0/000. Sur cette proportion, il y a à p 300 de chlorure de sodium ou sel marin, et 35 de chlorure de magn sium. C'est principalement aux propriétés déliquescentes de ces s qu'est due la permanence de l'humidité sur un sol arrosé d'eau de m

Une tonne d'eau de mer contient donc 36,5 *kg* de sels qui restent s le sol et un tonneau d'arrosage de ce volume peut arroser au moi 1 500 m^2 dont chacun recevra ainsi 25 *g* de sel.

La dépense, pour Londres, de l'arrosage à l'eau de mer sera probabl ment un peu inférieure à celle de l'arrosage à l'eau douce, mais fut-e la même, on y trouverait encore une grande économie, parce que quantité employée pourrait être réduite à la moitié de ce qu'elle est a jourd'hui. Les dépenses d'arrosage, l'usure des tonneaux et des cheva serait réduite dans la même proportion, les rues seraient maintenu en meilleur état et l'entretien serait moindre. C'est du moins ce qui r sulte de l'expérience acquise dans les localités qui emploient l'eau mer. D'ailleurs, dans la saison chaude, lorsqu'on a le plus besoin d'ea c'est alors qu'on en a généralement le moins pour l'arrosage des ru tandis qu'avec l'eau de mer, on n'est jamais exposé à en manquer.

L'emploi de l'eau de mer pour le lavage des égouts donne d'exceller résultats; la décomposition des matières est retardée et les égouts maintiennent beaucoup plus propres lorsqu'ils contiennent de l'eau mer. Ainsi, l'Ingénieur municipal de Great Yarmouth déclare av constaté que l'avantage du lavage des égouts à l'eau de mer justifi lui seul les dépenses faites pour amener cette eau. Il a trouvé que l'ef des chasses opérées à l'eau de mer amène un nettoyage très efficace d égouts, dans lequel il est porté à admettre que la plus grande pesant spécifique de cette eau doit jouer un rôle.

Dans le réseau d'égouts de la ville de Yarmouth, l'usage de l'eau mer a réduit énormément et, pour ainsi dire, supprimé la producti des gaz. Des égouts dans lesquels, avec l'eau douce, les ouvriers ne p vaient entrer que plusieurs heures après l'ouverture des regards peuve maintenant, être abordés, sans qu'il se produise aucun inconvéni pour les hommes, immédiatement après l'ouverture des regards.

Il est certain que la question dont nous venons de nous occuper p sente un grand intérêt pour les villes qui sont à une distance raiso nable de la mer. L'objection de la dépense supplémentaire n'a pas bea coup d'importance lorsque ces villes possèdent déjà une double cana sation pour la distribution des eaux potables et des eaux d'arrosage industrielles.

Épuration des eaux d'égout. — Nous avons, dans la Chroniq de mai dernier, page 761 donné quelques détails sur les procédés e ployés à Londres pour le traitement des eaux d'égout. Ces détails sero utilement complétés par les renseignements suivants relatifs aux p cédés usités pour la clarification de ces mêmes eaux à Richmond, da le voisinage de Londres, renseignements extraits d'un article du journ *Machinery*.

L'installation comprend tout d'abord des pompes à vapeur du systè

ıgton d'une capacité de 22 500 m^3 par jour qui font passer les r les différentes phases du traitement. Avant d'arriver aux elles traversent des grillages qui retiennent les corps solides s. En pénétrant dans les corps de pompe l'eau se trouve mé- vec du lait de chaux, et le tout est refoulé dans les tuyaux de à la sortie desquels est ajouté un mélange de sulfate d'alumine arbon. Les eaux arrivent ainsi dans des réservoirs de dépôt ord supérieur forme un déversoir par lequel l'eau claire s'é- ıdis que le dépôt reste.

e phase de l'opération, les eaux sont suffisamment clarifiées ıvoir être écoulées à la Tamise; mais pour obtenir un degré de ion encore plus grand, on les filtre sur des lits composés de de terre végétale, de gravier, de sable et de charbon. A la sortie iltres, l'eau est assez épurée pour pouvoir, mêlée à l'eau du tre considérée comme parfaitement potable. Il est difficile de ı voyant la limpidité de cette eau, pure comme le cristal, que, s heures auparavant, c'était une sorte de bouillie noire et in- l'époque des hautes mers d'équinoxe, l'eau ne peut s'écouler au ır différence de niveau; on l'élève alors au moyen de pompes à

pôt solide qui reste dans les réservoirs a de 50 à 75 *mm* d'épais- y ajoute assez d'eau pour que la hauteur atteigne 0,15 à 0,20 *m*. le fond des réservoirs est disposé avec une inclinaison de 1 à eut faire écouler le dépôt dans un autre réservoir où il est sou- ı nouveau traitement, tandis que l'eau qui surnage est reprise pompes, mélangée de lait de chaux et subit les mêmes opéra- e les eaux provenant directement des égouts.

pôts sont élevés dans des récipients spéciaux où ils sont encore nés de chaux et pressés pour faire écouler la plus grande partie qu'ils contiennent: ils sont ainsi convertis en masse solide me- ı,90 *m* de côté sur 35 *mm* d'épaisseur.

état, ils n'ont aucune odeur nuisible; on les met en tas à l'air onvénient; ils possèdent une certaine valeur comme engrais. tie est transportée par eau et vendue aux maraîchers et cultiva- lais cette matière ne donne aucun revenu. On paye un entre- pour l'enlever, et c'est cet entrepreneur qui en tire le parti ut en la vendant. Il y a des terrains dans les comtés d'Essex et pour lesquels cette matière convient très bien et donne de bons s. En outre, les dépôts dont nous venons de parler, même sans ssés de manière à être entièrement secs, sont fréquemment uti- ıme remblais pour combler des trous, des étangs, etc., et pour des terrains bas. Somme toute, on n'a pas une aussi grande diffi- s'en débarrasser qu'on pourrait le croire, étant donnée l'assez aleur de ces dépôts comme engrais. Le procédé que nous venons re parait avoir donné de très bons résultats.

ectionnements dans la construction des coffres- — Dans un article très intéressant sur l'architecture des banques es, publié dans l'*Engineering Magazine*, l'auteur, M. R. W.

Gibson, consacre un chapitre à la construction des coffres et char de sûreté qui forment une partie très importante de ces établissem partie qui relève de l'art de l'Ingénieur et du mécanicien.

Il y a une cinquantaine d'années que la science de l'attaque et défense des serrures a commencé à se développer et on se rappell discussions savantes auxquelles a donné lieu la « controverse serrures » à l'Exposition de Londres en 1851. Aujourd'hui la que des serrures est le petit côté et il s'agit de défendre le corps même place contre les engins modernes. Ces engins sont : le coin, le fo les explosifs.

Le coin est le plus ancien et sa modification sous la forme . pince en a fait longtemps l'outil favori des voleurs qui en ont tii résultats merveilleux. Mais on a rendu son usage sinon impossibl moins très difficile, par la construction de coffres n'offrant ni joii angles pouvant donner prise à l'outil.

Les assaillants ont eu alors recours au foret avec lequel on p des trous donnant prise au ciseau à froid ou à la pince. Ce moyen déjoué par l'emploi d'aciers spéciaux extrêmement durs et tremp se laissant pas entamer par le foret. Les explosifs, en charges faib répétées, ont été alors le dernier mot de l'attaque. On résiste à ce cédé par une construction massive et par l'absence de joints que le plosions puissent ébranler et ouvrir. On a proposé la forme sphé qui est certainement supérieure en théorie à toutes les autres, mai n'est pas pratique parce qu'elle tient trop de place relativemen capacité utilisable.

On emploie aujourd'hui, surtout pour la construction des coffr chambres de grandes dimensions, des plaques composites formé couches superposées auxquelles on peut donner toute l'épaisseur re

Chaque plaque, de 12 à 32 *mm* d'épaisseur, est formée de cinq fe de métal, trois en fer doux pour donner la résistance et deux en chrômé durci et inattaquable au foret. Ces feuilles sont soudées minées puis dressées, ajustées et trempées.

C'est avec ces plaques qu'on construit les parois du coffre ou chambre forte, de la manière suivante : on commence par la p extérieure et on lui superpose à l'intérieur une seconde plaque assemble par des vis à tête fraisée dont l'extrémité opposée à la t traverse pas la plaque extérieure ; chaque plaque, mise à l'intérieu couvre les têtes des vis de la plaque précédente. On donne ains parois une épaisseur de 75 *mm* à l'ordinaire et exceptionnelleme 100 à 125 *mm*.

Les coffres de la New-York Clearing House, les plus forts cons jusqu'ici, ont 160 *mm* d'épaisseur. Le point faible était dans les an la rencontre des plaques des parois, et l'emploi d'explosifs suivi de de la pince pouvait ouvrir le joint; on y a obvié par l'usage de corn forgées constituant les angles, ces cornières étant assemblées av plaques des parois par des joints à recouvrement très parfaite ajustés; il y a autant de ces cornières que de plaques et leur con tion est la même que la leur.

Cette construction défie l'attaque avec le foret. Autrefois, ave

, on pouvait attaquer le métal des coffres sans bruit, sans embarras
ec des outils très peu volumineux. Mais l'acier chromé trempé ne
sse pas entamer; si on essaye de le détremper en le chauffant au
ımeau oxyhydrique, l'épaisseur des parois empêche ce moyen de
ir. Si on parvient à percer une faible épaisseur la flamme du cha-
au n'agit plus au fond du trou de faible diamètre pour détremper
utres plaques.

porte est encore un point faible, parce qu'elle laisse un joint atta-
le; on pourrait le fortifier par divers moyens, mais, en général, les
rs n'ont pas le temps d'employer des procédés bien perfectionnés.
vrai qu'on peut avoir affaire non plus à de simples voleurs, mais
s d'émeute, à la populace; dans ce cas il y a d'autres moyens, par
ple, des portes sans serrures qui s'ouvrent automatiquement ou
une manœuvre à distance, ou à des heures déterminées. Ces dis-
ons ont l'avantage de ne laisser dans la porte aucune ouverture
.eure qui puisse servir à l'attaquer; mais ces dispositions sont com-
ées et gênantes. On peut encore employer des seuils ou plates-formes
les qu'il faut d'abord abaisser pour donner accès à la porte. On
ıussi couvrir celle-ci d'un réseau, extrêmement serré, de fils électri-
qui donnent un signal d'alarme à distance si on tente d'opérer une
:ation sur un point quelconque de la porte. On voit à quelles in-
uses dispositions a conduit le besoin d'assurer la sécurité des
s contre la sagacité que déploient les voleurs pour perfectionner
:oupable industrie.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIO

Juillet 1896.

Séance générale du 26 juillet 1896. — Discours du dent. — Rapports. — Distribution des récompenses, prix et mé
Revue de mécanique générale, par M. G. Richard. moteurs à pétrole.

Cette revue donne la description de quelques moteurs et dét construction nouveaux, et de quelques applications spéciales à mobilisme encore peu connues et choisies parmi les plus intéres Ains, l'appareil Pickney, construit par la maison Tangye, de E gham, le nouveau moteur Otto, le moteur Gibbon, le moteur celui de Brayton, le moteur à gazoline de Daimler, un des pl ployés pour les automobiles; le moteur Kane-Pennington, le Priestman, le vélocipède à moteur de Wolfmuller et Geisenhof, description de tous ces appareils est accompagnée des dessins pondants.

Notes de mécanique, par M. G. Richard. Ces notes compr les descriptions de quelques appareils intéressants. D'abord un c ment de marche hydraulique pour machines de laminoirs, emplo forges de Pencoyd. C'est une distribution radiale dans laquelle placement de la suspension se fait par un double cylindre hydra dont le distributeur est muni d'un servo-moteur.

On trouve ensuite la description d'une commande de treuil sible avec plateau et cônes de friction en papier comprimé, s Worn, d'une pompe hélicoïdale continue de Quimby, de l'emb à friction de Jolitz, qui peut transmettre 100*ch* à 100 tours et e la presse à forger les roues de Fielding employée aux Atlas W Gloucester; cette presse forge les roues en deux pièces, le moyeu bras d'une part, la jante de l'autre. Une seconde presse reçoit les ainsi préparées et opère la soudure de la jante sur les rais.

Analyse par M. R. Massé, d'un travail de MM. L. Holborn Wien, sur **la mesure des hautes températures.**

Ce travail a été publié dans les *Annalen der Physik und Chemie* méthodes seulement sont employées aujourd'hui pour la détermi des hautes températures : celle de W. Siemens et celle de H. L telier. La première repose, comme on sait, sur les variations qu

ance électrique d'un fil métallique lorsqu'on fait varier sa tem-
. Le pyromètre thermo-électrique de Le Chatelier repose sur la
ion et la mesure d'un courant thermo-électrique dans un circuit

uteurs se sont proposé d'abord de contrôler les indications
par le pyromètre Le Chatelier (jusqu'aux températures les plus
qu'il fût possible d'obtenir) par comparaison avec le thermo-
air et de déterminer quelques points de prise susceptibles de
repère. et, en second lieu, d'étudier les variations de résistance
à mesurer les températures au moyen du pyromètre de W.
. On a déterminé les points de fusion de l'or, l'argent, le cuivre,
l, le palladium et le platine.

nclusions sont que :

mesures de températures au moyen de l'observation des résis-
ont moins exactes que celles effectuées avec le couple thermo-
e platine-platine rhodié. En effet, lorsqu'on contrôle la résis-
roid après chaque mesure, on observe souvent des modifications
ites; de plus, le coefficient de température variant aussi, les
à hautes températures n'offrent que peu de garantie.

formule de Callendas qui lie la résistance du platine et la tem-
correspondante, ne traduit pas les faits avec une exactitude
on puisse fonder sur elle des extrapolations étendues.

couple thermo-électrique peut être aisément comparé avec le
ètre à air, car il est facile de l'introduire dans le récipient de
De plus. même si la température n'est pas très également ré-
ns le fourneau, le couple prend exactement la température de
d'air du thermomètre. Un tableau annexé donne, de 0 à 1 600°,
pondance des températures et des forces électromotrices cons-
ec un couple platine-platine rhodié à 10 0/0 de rhodium.

Août 1896.

rt de M. Imbs sur **l'appareil enregistreur musical** de
ivoire.

reil présenté s'applique à un piano, qui est l'instrument auquel
position convient surtout. Le principe consiste dans l'emploi
nde de papier sans fin, cheminant d'un mouvement continu et
. Cette bande porte dans sa largeur des subdivisions longitu-
hassant de gauche à droite les marques que pourraient y avoir
es toutes les touches du clavier qui, du grave à l'aigu, sont
elles-mêmes de gauche à droite. D'autre part, un mécanisme
met chaque touche du clavier, dans son rang respectif, en cor-
nce avec une molette qui marque sur le papier son trait se
ant proportionnellement à la durée de tenue de la touche,
instant de la percussion jusqu'à celui où le doigt de l'exécutant
. On comprend que les éléments matériels de l'exécution puis-
rouver enregistrés complètement par cette méthode.
umé, l'appareil est bien conçu dans l'esprit de la mécanique

du piano à laquelle il est joint. Son fonctionnement est si léger qu'il ne modifie pas d'une manière sensible le toucher de l'instrument auquel on l'applique. Cet appareil parait, par sa bonne exécution, son caractère simple et son prix relativement modéré, appelé à rendre de sérieux services à l'art musical.

Les irrigations de la région aride aux États-Unis, par M. A. Ronna.

Les Américains désignent sous le nom de *Région aride*, un territoire qui s'étend à l'ouest, entre le 100e et le 125e méridien, sur plus de quatre millions et demie de kilomètres carrés et embrasse près de la moitié des États-Unis.

Cette immense région n'est pas absolument aride comme semble l'indiquer le nom qu'on lui donne; une partie reçoit de la pluie et de la neige, mais une autre partie, entre le 30e et le 35e parallèle, est entièrement vouée à l'aridité; des millions d'hectares de terres arables y sont absolument stériles faute d'eau.

Des recherches entreprises dans les Etats de Dakota, Nebraska et du Kansas ont fait reconnaitre que le premier de ces États possédait un immense bassin artésien susceptible d'être utilisé pour les irrigations, et que les autres États possédaient également des nappes souterraines plus ou moins puissantes.

On a donc creusé des quantités énormes de puits; dans la plupart, l'eau est puisée au moyen de moteurs. Dans le Kansas, le moulin à vent est très répandu : ces moulins sont très simples et les colons peuvent les construire et les réparer eux-mêmes. On se sert aussi beaucoup de moteurs à gazoline, cette matière coûtant moins cher que la houille. Une machine de 10 *ch* avec cylindre de 0,14 *m* de diamètre et 0,43 *m* de course coûte 3 000 *f* avec la pompe; installée sur un puits de 0,15 *m* de diamètre, d'une profondeur de 43 *m*, elle élève 27 000 *l* d'eau à l'heure.

Comme machines élévatoires, on emploie toute espèce d'appareils, suivant les cas, des courroies à palettes inclinées, dites pompes chinoises, des pompes à piston, des pompes rotatives ou centrifuges, etc., On estime que, pour élever 2 000 m^3 par heure à 2 à 3 *m*, le coût du matériel varie de 12 500 à 15 000 *f*; pour 4 500 m^3 à l'heure à 3 à 4 *m*, 20 000 à 25 000 *f*. On se sert aussi de puits artésiens, lorsque les circonstances le permettent.

La note s'étend longuement sur les moyens de transport et de distribution des eaux et sur les méthodes d'arrosage et les cultures. Il nous suffira de donner une idée des résultats obtenus.

Sur 1 425 766 *ha* traités en irrigation par 224 800 exploitations, le produit total s'est élevé, en 1889, au chiffre de 276 millions de francs, donnant en moyenne 192 *f* en nombre rond par hectare.

Les travaux de ce genre sont, d'ailleurs, encouragés par la législation qui concède aux États de la région aride des terres à la condition que ces terres soient soumises à l'irrigation dans un délai de dix ans, et on peut prévoir que, grâce à ces encouragements, l'irrigation se développera sur des millions d'hectares en faisant peu à peu disparaître le désert américain et en le remplaçant par des terres fertiles.

Recherches sur la structure des métaux, sa genèse et ses transformations, par MM. W. C. Roberts-Austen et F. Osmond.

Cette note se compose de deux parties; la première a pour objet l'étude micrographique de la structure des alliages obtenus à l'aide de la photographie, la seconde est consacrée à l'étude de quelques phénomènes de recuit.

Roues et turbines à vapeur, par M. K. Sosnowski.

Ce travail a pour objet de faire l'historique des moteurs à vapeur à mouvement circulaire continu dans lesquels l'auteur voit le moteur de l'avenir, la machine à mouvement alternatif ayant, d'après lui, dit son dernier mot.

Le mémoire laisse, d'ailleurs, de côté la machine rotative à piston, pour ne s'occuper que des machines sans piston qu'il divise en quatre groupes :

1° Moteurs à réaction; 2° Roues à vapeur; 3° Turbines à vapeur; 4° Moteurs mixtes.

Le premier groupe comprend les éolipyles de Héron d'Alexandrie, de Cardan, etc., les machines relativement récentes de Sadler, de Real et Pichon, de Jacquemet, de Burstall, de Pelletan, etc. Ces recherches sont intéressantes et seront très utiles aux personnes qui veulent étudier la question. Ce travail paraît devoir présenter un grand développement, car la partie donnée dans le présent *Bulletin* ne contient que le premier groupe et encore pas complètement.

Essais de chauffage au pétrole sur des générateurs à foyer amovible exécutés à la Société des établissements Weyher et Richemond, note par M. H. Le Chatelier.

Le pétrole de provenance américaine était brûlé par un injecteur pulvérisateur; le foyer intérieur cylindrique était garni d'une enveloppe en briques réfractaires. La conclusion est qu'avec de bonnes conditions d'installation, on peut vaporiser 12,5 *kg* d'eau par kilogramme de pétrole. En somme, les vaporisations sont proportionnelles aux pouvoirs calorifiques de la houille et du pétrole; soit sensiblement 1 et 1,5.

Outil circulaire, de Smith.

Cet outil a été précédemment décrit; il s'agit ici d'une application à des machines pour travaux de précision.

Excavateur funiculaire, de Miller.

C'est un excavateur qui fonctionne d'une manière analogue à celui de Hall, précédemment décrit, au moyen de câbles par lesquels les mouvements nécessaires pour le remplissage et le transport à distance de la cuiller sont obtenus.

Machine soufflante, d'Allis.

Ces machines se composent de deux cylindres soufflants dont chacun a sa tige reliée directement à celle d'un cylindre à vapeur; ces tiges sont reliées ensemble par un balancier qui commande l'arbre du volant

par bielle et manivelle. Les cylindres soufflants ont leurs orifices d'aspiration munis de robinets Corliss et leurs orifices de refoulement de soupapes d'un type particulier commandées par des renvois de mouvement. Des machines de ce genre, fonctionnant aux aciéries de Carnegie, ont des cylindres à vapeur de 1 *m* et 1,98 *m* de diamètre et 1,52 *m* de course, des cylindres soufflants de 1,93 *m* de diamètre et la même course que les cylindres à vapeur. A cinquante tours par minute, ils donnent à l'air une pression de 1,15 à 1,80 *kg* et dépensent 6,8 *kg* de vapeur sèche par cheval indiqué.

Essieux et paliers à billes, de la BALL BEARING COMPANY, de Boston.

C'est la description de diverses dispositions de coussinets à billes pour boites d'essieux et paliers. On évalue le frottement des garnitures de ce genre au trentième de celui des paliers ordinaires. De plus, les échauffements ne sont pas à craindre.

Transmission hélicoïdale à billes, de WILLMANN.

C'est une transmission à vis sans fin dans laquelle la poussée se fait sur des billes pour réduire le frottement qui est le grand inconvénient des transmissions ordinaires de ce système.

Avantages de la surchauffe, par M. THURSTON.

Notre distingué Collègue, le professeur Thurston a récemment présenté à l'*American Society of Mechanical Engineers* un important mémoire sur la surchauffe dans lequel il cite des chiffres qui, si le résumé donné dans le présent Bulletin de la Société d'Encouragement est exact, comme nous n'en doutons pas, seraient quelque peu en contradiction avec les résultats obtenus jusqu'ici. N'ayant pas les éléments nécessaires sous les yeux en ce moment, nous remettons l'examen de cette question à un prochain bulletin.

Pompe à air, d'EDWARDS.

C'est une pompe à air pour machine à vapeur qui présente quelques particularités, notamment l'absence de clapet de pied et la forme conique du piston : celui-ci dans son déplacement couvre et découvre des orifices par lesquels passe l'eau de condensation. Le but de ces dispositions est de permettre le fonctionnement à grande vitesse. Ce système, construit par les *Central Engine Works*, à Hartlepool, commence à se répandre en Angleterre.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MAI 1896.

Détermination rapide de l'**épaisseur à donner aux culées des ponts de faible ouverture**, Calcul de la poussée et du poids de la voûte, par M. TOURTAY, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il est commode, pour les ouvrages de faible ouverture, d'avoir une néthode approximative permettant d'apprécier rapidement l'épaisseur à dopter pour les culées. La méthode proposée par l'auteur du mémoire epose sur diverses hypothèses qui simplifient le problème tout en laisant une approximation suffisante. Nous renverrons au mémoire ceux e nos Collègues que la question intéresse particulièrement.

Note sur l'**emploi de quatre types d'arcs dans les ponts, iaducs et fermes métalliques de grande portée**, par I. Soulevre, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les arcs qui ne sont solidarisés avec leurs tympans que pour la transnission verticale des poids du tablier peuvent être ramenés à quatre ypes, savoir :

1° Arcs sans articulations, encastrés aux naissances ;
2° Arcs sans articulation à la clef, articulés aux naissances;
3° Arcs à trois articulations, articulés à la clef et aux naissances;
4° Arcs articulés à la clef et encastrés aux naissances.

Le premier type a été celui adopté d'abord, puis sont venus les deux utres. Le dernier ne paraît pas avoir été jamais employé, mais il pourait être réalisé accidentellement ou volontairement; l'auteur a donc ru devoir l'étudier, ne fût-ce que pour examiner les raisons qui peuvent : faire proscrire.

Le mémoire contient la comparaison des quatre types d'arc pour l'acon des forces verticales et des variations de température. Les concluons qui résultent de cette comparaison ne peuvent pas être très nettes .rce que les conditions varient et certain type qui sera préférable par emple, pour de grandes portées ou des charges très considérables onts de chemins de fer), pourra ne pas présenter les mêmes avantages ur des portées moindres et des charges plus faibles (pont-route). On ut dire cependant que l'arc du premier type l'emporte lorsque l'inence des variations de température n'est pas trop à craindre, c'est-àre dans le cas des grandes flèches. Il l'emportera à plus forte raison si 1 attache un grand prix à la réduction au minimum de l'importance s déformations. L'encastrement ou tout au moins le demi-encastreient est, en effet, presque toujours avantageux aux naissances pour s arcs peu surbaissés.

L'auteur examine aussi le cas des ponts-cantilever et propose une modification à ce système présentant certains avantages au point de vue l'une part de l'exactitude du calcul et de l'autre de celui de la réduction du contreventement.

Le mémoire se termine par la comparaison des divers arcs au point de vue de l'établissement des fermes, notamment pour les rotondes.

Note sur l'**appareil hélicoïdal des voûtes biaises,** par la méthode Theuil, par M. G. Blot, ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées.

La méthode Theuil employée à la Compagnie P.-L.-M. réalise un certain progrès dans l'exécution de l'appareil des voûtes biaises; elle repose principalement sur la construction d'un gabarit de joint, sorte de pan-

neau spécial composé exclusivement d'éléments droits et circulair
faciles à déterminer et permettant de reproduire rigoureusement la su
face hélicoïdale du joint de lit.

La note dont nous nous occupons décrit en détail cette méthode et
manière de construire les gabarits qui servent à son application.

Loi relative à **la construction et à l'exploitation des ch mins de fer d'intérêt local en Roumanie.**

Cette loi du 10 avril 1895, contient certaines dispositions intéressant
Elle prescrit que le Gouvernement doit refuser la concession des chemi
de fer suivants :

1° Prolongement des lignes de l'État dans leurs directions principale
2° Lignes aboutissant à la frontière du Royaume ou au Danube;
3° Lignes pouvant faire concurrence aux chemins de fer de l'État;
4° Lignes pouvant nuire aux intérêts du Royaume.

Par ailleurs, la loi accorde aux concessionnaires des lignes d'intér
local, divers avantages, tels que :

a Cession gratuite des terrains appartenant à l'État, aux districts
communes, et aux domaines de la couronne, nécessaires pour l'établis
sement de la voie et de ses annexes;

b Emprunt des routes de grandes communication ou des routes secon
daires, dans des conditions déterminées;

c Transport sur les lignes de l'État, au prix de revient, des matériau
nécessaires à la construction;

d Dispense d'établir le télégraphe, dans le cas où il ne doit pas y avoi
de croisement de trains dans les stations;

e Autorisation d'établir des raccordements avec les lignes de l'Éta
dans les gares lui appartenant;

f Franchise des droits de douane pour les matériaux de constructio
importés de l'étranger;

g Franchise des droits de timbre et d'enregistrement et des droits per
çus habituellement, en matière de construction, pour l'État, les district
ou les communes.

A l'expiration de la trentième année d'exploitation, l'État aura le droi
de percevoir 30 0/0 du produit net de la ligne. Il se réserve le droit d
rachat après 30 années d'exploitation sur la base de la valeur actuelle d
la ligne et du produit net moyen des cinq dernières années d'exploitatio
capitalisé à 5 0/0.

ANNALES DES MINES

6e livraison de 1896.

Commission du grisou. — Le formenophone de M. Hardy.
Rapport présenté par M. Termier, Ingénieur des Mines.

On sait que cet appareil a été l'objet d'une communication devant notre
Société faite par l'auteur lui-même, dans la séance du 24 janvier dernier.

is, l'appareil a été modifié par son inventeur d'après un avis émis ıne Commission de l'Académie des Sciences, dans le sens d'un ;istrement des battements.

t appareil modifié a été soumis, par la Commission du grisou, à des iences faites au Conservatoire des Arts et Métiers en janvier et ər derniers. On s'est servi de gaz d'éclairage dans ces expériences; , comme l'appareil n'est qu'un comparateur de densités, il doit être, ι de chose près, aussi sensible pour le formène que pour le gaz d'éιge.

ɜ expériences ont fait reconnaitre que le formenophone Hardy peut uer à un millième près, environ, la teneur en grisou d'une atmosɜ de mine.

ant à la valeur de l'instrument comme appareil de mine, la Comon est d'avis que, étant données la délicatesse de l'appareil et la té de déréglage, s'il y a lieu de le signaler à l'attention des Comies minières, il ne convient pas, pour le moment, et avant que des ɜ aient été faits dans les conditions même de la pratique, de leur commander l'emploi. La Commission fait, d'ailleurs, remarquer ı possède actuellement dans la lampe Chesneau et l'appareil de dopar les limites d'inflammabilité des moyens très simples, très pras et en même temps très rigoureux de dosage de grisou. Quelle que 'extrême ingéniosité du formenophone et les services qu'il peut re pour l'analyse des mélanges gazeux, on doit le considérer plutôt ne un appareil de recherches purement scientifiques.

ıte sur la **grande couche de Villars** et la faille de la Répuıe **du bassin houiller de Saint-Étienne** par M. COSTE, Inɜur des Mines.

ı**scours** prononcés aux funérailles de M. DAUBRÉE, membre de l'Ins- Inspecteur général des Mines, le 1er juin 1896, par MM. FOUQUÉ, bre de l'Institut; LINDER, Inspecteur général des Mines; HATON DE OUPILLÈRE, membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines; ISLAS MEUNIER, Professeur au Muséum d'histoire naturelle; LOUIS Y, Secrétaire perpétuel de la Société nationale d'Agriculture; HAUCILLE, membre de l'Institut, Président de la Société française de ɜralogie, et G.-F. DOLLFUS, Président de la Société géologique de ıce.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE JUILLET 1896.

ı**otice nécrologique** sur M. ED. DOLL, par M. P. FAVRE-BOURCART.

ɪésumé des **observations météorologiques** faites à la Société ustrielle et à ses diverses stations, pendant l'année 1895, par M. AD. K.

ıpplication d'un torsiomètre contrôleur de marche aux mé ɜ à filer self-actings, par M. ALBERT KOECHLIN.

Des expériences spéciales, faites il y a quelques années, par l'au lui ont permis de constater que le filateur trouverait un avantage sé à pouvoir contrôler, rapidement et à tout instant, le fonctionne des organes qui règlent le degré de tension qu'on cherche à donn fil et qu'il est intéressant de se rendre compte, d'une manière vi des conditions de réglage et de marche des dispositifs mécaniques minant la production des métiers à filer. L'auteur a imaginé, da but, un torsiomètre établi sur le principe suivant : pour une aig d'une longueur déterminée dont chaque centimètre reçoit un to tension, l'aiguille du compteur devra enregistrer un tour. La comm du torsiomètre est prise sur l'arbre du tambour des broches.

Il y a deux modèles. Le petit est à cadran unique et ne possède q seule aiguille indiquant à elle seule les unités et fractions de tor Le grand modèle à deux cadrans dont celui de haut porte un deux plus petit et tous deux destinés à enregistrer la tension. Le deux sert à enregistrer le nombre de secondes et fractions de secondes pen lequel a eu lieu l'opération qu'on a cherché à relever.

Cet appareil peut être employé comme compteur de tours des bro

Sans entrer dans des détails que ne comporte pas le cadre d'un co rendu nécessairement très sommaire, il nous suffira de dire que la (mission de la Société industrielle chargée d'examiner l'appareil nous nous occupons a félicité l'auteur de son invention appelée à re de grands services aux filateurs et conclu à ce que la Société décer l'auteur une médaille d'honneur.

Genres enlevage sur noir d'aniline résiste sous coul d'albumine soubassées. — Ouverture de plis cachetés.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 29. — *18 juillet 1896.*

Pont-levis à déplacement horizontal du centre de gravité, pa Barkhausen.

Expérience sur une chaudière avec réchauffeur Green et surchau Schwoerer, par O. Pauselius.

Observations sur l'élasticité de torsion, par Rudolph Bredt *(fin)*.

L'acier coulé ou la fonte dans la construction des dynamos, pa Schulz.

Épuration de l'eau potable à Brême, par une filtration multi dans le sable, par E. Götze.

Groupe du Rhin inférieur. — Papin et la machine à vapeur.

Variétés. — Concours pour la construction d'un pont-route fix le Rhin, à Worms.

Correspondance. — Expériences comparatives avec la vapeur sa et la vapeur surchauffée sur une machine de 1 500 *ch* à triple expan de la filature d'Augsbourg.

N° 30. — *25 juillet 1896.*

Les marines de guerre à l'époque actuelle, par Mendeck.
La régularisation des turbines, par A. Houkowsky.
Variétés. — Exposition du Millénaire à Budapest.
Compte rendu de la réunion générale de l'Association à Stuttgart, les 6, 8, 9 et 10 juin 1896.

N° 31. — *1er août 1896.*

Concours pour le projet d'un pont-route fixe sur le Rhin à Worms, par W. O. Luck *(suite).*
Machine à vapeur à grande vitesse de 200 *ch* avec régulateur dans le volant, système Sondermann, par C. Sondermann.
Régularisation des turbines, par A. Houkowsky *(fin).*
Transport électrique de force à Johannesburg (Afrique).
Nouveautés dans les machines-outils, par H. Fischer.
Groupe de Bergues. — Principes mécaniques de la marche.
Variétés. — L'Exposition du Millénaire à Budapest. — Technicum de la ville d'Einbeck.
Correspondance. — Question de l'éducation des Ingénieurs.

N° 32. — *8 août 1896.*

La marine allemande, par C. Busley.
Machines élévatoires pour le système radial n° IX de la canalisation de Berlin.
Installation de chauffage à la 11e exposition internationale d'horticulture, à Dresde, en mai 1896, par H. Fischer.
Principes cinématiques et dynamiques de la variation de vitesse dans les machines-outils, par R. Land.
Groupe de Breslau. — Transmission du mouvement par organes élastiques, courroies, cordes, etc. — Chemins de fer de montagnes.
Groupe de Wurtemberg. — Détermination élémentaire des moments d'inertie.
Correspondance. — La question de l'aviation. — L'École Polytechnique fédérale de Zürich.

N° 33. — *15 août 1896.*

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Budapest en 1896, par Otto H. Mueller junior.
Installation des compteurs d'eau, par Fr. Lux.
Machines agricoles à la 9e exposition de la Société allemande d'agriculture, du 6 au 10 juin 1895 à Cologne, par Grundke *(suite).*
Groupe de Hesse. — Chauffage et ventilation du nouveau palais du Reichstag.
Variétés. — L'Exposition du Millénaire à Budapest.
Correspondance. — Observations critiques sur l'élasticité de torsion.

N° 34. — *22 août 1896.*

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Budapest e
par Otto H. Mueller junior *(suite).*

Détermination élémentaire des moments d'inertie, par A. Ba

Dispositions de sécurité dans la fabrication des briques et p
par C. Zimmermann.

Décision du tribunal de l'empire en date du 14 juillet 18
l'affaire de la demande en nullité contre la patente Auer.

Groupe de Bochum. — Théorie du ventilateur Mortier.

Bibliographie. — Berlin et ses chemins de fer de 1846 à 1896.

Variétés. — Exposition de Budapest.

N° 35. — *29 août 1896.*

James Watt et les principes de la construction de la machin
peur moderne, par A. Ernst.

Principes cinématiques et dynamiques de la variation de vite
les machines-outils, par R. Land *(fin).*

L'indicateur Crosby.

Variétés. — L'Exposition de Budapest.

N° 36. — *5 septembre 1896.*

Établissement municipal d'électricité, à Münich, par F. Upp

James Watt et les principes de la construction de la machine à
moderne, par Ad. Ernst *(suite).*

Machines agricoles à la 9e exposition de la Société allemand
culture du 6 au 10 juin 1895, à Cologne, par Grundke *(suite).*

Machine à essayer les tuyaux coudés jusqu'à 200 *mm* de diam
C. Wons.

Groupe de Bochum. — Station centrale des tramways électr
Gelsenkirchen.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Théorie et cons
des régulateurs placés dans le volant.

Groupe de Thuringe. — Installations centrales de chauffage.

Bibliographie. — Le magnétisme et l'électricité, au point de
applications pratiques, par G. Benischke.

Éléments de la théorie mathématique de l'électricité, par J.-J
son (ouvrage en anglais).

Variétés. — L'Exposition de Budapest.

Pour la Chronique et les Comptes re

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant respo

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 16632-8-96. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

OMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'OCTOBRE 1896

N° 10.

---

ommaire des séances du mois d'octobre 1896 :

ecès de MM. Ch. Bonnefond, A. Coignet, F. Couderc, A. Defrance, de Garay, J. Hélaut, B. Nikiforoff, E. Olry, M.-A. Olivier, B.-R. atkowski, L.-E.-E. Rousset, P. Vergnol, E.-A. Dubois, J.-B. Gort (Séances des 2 et 16 octobre), page 475 et 483;

écorations (Séances des 2 et 16 octobre), pages 476 et 483;

édaille d'argent décernée par la Ville de Paris à M. J.-A. Amiot, en uvenir de la construction du siphon de la Concorde (Séance du 2 octobre), page 476;

omination de M. H. Couriot comme professeur titulaire du cours d'exoitation des mines à l'École Centrale (Séance du 2 octobre), page 476;

Nomination de M. Remaury comme membre du Comité des Travaux publics des Colonies (Séance du 2 octobre), page 476;

Nomination de MM. Badois, Bourdais et Hunebelle comme membres de a Commission Technique nommée à la Préfecture de Police (Séance du 16 octobre), page 483;

Don volontaire de 50 f. fait à la Société par M. Savornin (Séance du 2 octobre), page 476;

Unification de la division du cercle du méridien terrestre et de la division du cercle horaire journalier, par M. Grouselle de Blancheface (Séance du 2 octobre), page 476;

Mémoires contenus dans le Bulletin d'octobre 1896 :

8° *Chronique* n° 202, par M. A. Mallet, page 574;
9° *Comptes rendus*, — page 587;
0° *Planches* n°s 183 à 185.

Pendant le mois d'octobre 1896, la Société a reçu :

6243 — De M. L. Rey (M. de la S.). *16 brochures traitant de divers sujets.*
36258

6259 — Du Reale Istituto d'Incoraggiamento di Napoli. *Atti del Reale Istituto d'Incoraggiamento di Napoli. 4e série. Volume VIII.* Napoli, 1895.

6260 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers with other selected and abstracted Papers. Vol. CXXIV, 1895-96. Part II.* London, 1896.

6261 — Dito. *Charter, Supplemental Charter, By-Laws and List of Members of the Institution of Civil Engineers.* London, 1896.

36262 — De M. L.-A. Barré. *Memento de l'Architecte et de l'Entrepreneur. Théorie pratique et législation du bâtiment, par L.-A. Barré, avec la collaboration d'architectes, de spécialistes et de Paul Barré fils.* (Bibliothèque technique) (in-16 de 1 032 p., avec 1 070 fig. et 5 pl.). Paris. E. Bernard et Cie, 1896.

36263 — Du Ministère des Travaux Publics. *Première série de 42 pl. annexées au Cours de chemins de fer de M. le Professeur Bricka* (format grand in-4°). Paris, École Nationale des Ponts et Chaussées.

36264 — De M. Ch. Compère (M. de la S.). *Compte rendu des séances du 16e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1892.* Paris. E. Capiomont et Cie.

6265 — Dito. *Compte rendu des séances du 18e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur tenu à Paris en 1894.* Paris, E. Capiomont et Cie.

266 — Dito. *Association Parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. 22e Bulletin annuel. Exercice 1895.* Paris. E. Capiomont et Cie, 1896.

67 — Dito. *Explosion d'une chaudière à foyer intérieur amovible, à Joinville-le-Pont (Seine), par M. Compère* (in-8° de 8 p. avec 3 pl.). Paris, E. Capiomont et Cie, 1896.

58 — Dito. *Des moyens de parer aux conséquences des ruptures de tubes de niveau d'eau en verre des chaudières, par M. Compère* (in-8° de 20 p. avec 4 pl.). Paris. E. Capiomont et Cie, 1896.

9 — De l'Observatorio do Rio de Janeiro. *Annuario publicado pelo Observatorio do Rio de Janeiro para o anno de 1896.* Rio de Janeiro, 1895.

0 — De la Chambre de Commerce de Rouen. *Chambre de Commerce de Rouen. Compte rendu des travaux pendant l'année 1895.* Rouen, Lapierre, 1896.

36271 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. ***Distillation par M. E. Barillot*** (petit in-8° de 166 p.). (Encycloped tifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars et Masson, 1896.

36272 — De M. H.-P.-R. Halberstma (M. de la S.). ***Die Resultate pelten Filtration zu Schiedam, von H.-P.-N. Halbers H.-J. van't Hoff*** (une feuille in-4°). München, 1896.

36273 et 36274 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. ***Petite Encyclopédie mécanique publiée sous la direction de Henry de Graffign lume de la collection : Chauffeur-conducteur de machines*** ((in-16 de 160 p.). ***6e volume de la collection : Conducteu teurs à gaz et à pétrole*** (in-16 de 160 p.). Paris, E. et Cie, 1896.

36275 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). ***Development of the facilities of New-Orleans*** (pages 7 à 10 de « Manufactu cord ». Vol. XXIX, n° 25, 17 july, 1896). Baltimore,

36276 — De M. E. Vautelet par M. A. Brüll (M. de la S.). ***Trois p phies d'ouvrages d'art, exécutés par M. Vautelet sur le C Pacific Railway.***

36277 — De M. Guyer-Zeller. ***Das Projekt der Jungfraubahn. chaftlich, Technisch und Finanziell Beleuchtet*** (petit 88 p. avec 10 pl.). Zurich, 1896.

36278 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. ***Communicati taires, par E. Hennebert*** (petit in-8° de 212 p.). (Ency scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villar G. Masson, 1896.

36279 — Dito. ***Travaux de campagne, par E. Hennebert*** (petit 163 p.). (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1896.

36280 — Dito. ***Chaleur et énergie, par E. Ariès*** (petit in-8° de (Encyclopédie scientifique des aide-mémoire). Paris, G Villars et fils, G. Masson, 1896.

36281 — Du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes Télégraphes. Office du Travail. ***Répartition des salaires sonnel ouvrier dans les manufactures de l'État et les Con de Chemins de fer*** (in-8° de 154 p.). Paris, Imprimerie nale, 1896.

36282 — De la Chambre de Commerce de Paris. ***Office public de re ments commerciaux de la Chambre de Commerce de Pari*** in-8° de 212 p.). Paris, Librairies réunies, 1896.

36283 — De la Compagnie Nationale des Travaux d'utilité publ d'assainissement. ***Ville de Trieste. Projet d'adduction d'e l'alimentation, assainissement, distribution de force motri senté par la Compagnie Nationale des Travaux d'utilité et d'assainissement, 17, rue de Châteaudun, Paris. Mémoi par M. l'Ingénieur Canovetti*** (in-4° de 82 p. avec 8 pl.) F. Jourdan, 1896.

— De M. Bernard Tignol, éditeur. *Dictionnaire de chimie industrielle, par MM. A.-M. Villon et P. Guichard. Tome II, Fascicule 13, Cahiers 1 à 9*, Paris, B. Tignol, 1896.

— De M. Rhys Jenkins. *Power Locomotion on the Highway. A Guide to the Literature relating to Traction Engines and Steam Road Rollers and to the Propulsion of Common Road Carriages and Velocipedes by Steam other Mechanical Power with a Brief Historical Sketch, by Rhys Jenkins* (in-8° de 64 p.). London.

— De Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidge Polytechnischen Schüle in Zürich. *XXVII Adressverzechniss der Mitglieder der Gesellschaft ehemaliger Studierender der Eidge Polytechnischen Schüle in Zürich, 1896*. Zürich, 1896.

— De Verein deutscher Ingenieure. *Verein deutscher Ingenieure. Mitgliederverzeichniss, 1896*. Berlin, 1896.

— De M. Ch. Compère (M. de la S.). *Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Compte rendu des séances du 8e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris les 4, 5 et 6 novembre 1883*. Mulhouse, 1884.

— Dito. *Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Compte rendu des séances du 14e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Marseille les 4, 5, 6 et 7 mai 1890*. Marseille, Barlatier et Barthelot, 1890.

— De M. Émile Lecuit. *Débrayages des poulies de traînages mécaniques, par M. Émile Lecuit* (Extrait des publications de la Société des Ingénieurs du Hainault, tome V, 2e fascicule, 1896, page 84) (in-8° de 16 p.). Liège et Paris.

— De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893, par MM. Grille et H. Falconnet. Dixième partie. Les Travaux publics aux États-Unis, en collaboration avec M. Laborde* (grand in-8° de 240 p. avec atlas grand in-4° de 111 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

— De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute. Vol. XLIV, n° 1, 1896*. London, 1896.

— Dito. *Rules and List of Members of the Iron and Steel Institute*. London, 1896.

— De M. H.-D. Woods (M. de la S.). *City of Newton Massachusetts. Annual Report of the City Engineer for the year ending December 31, 1895*. Newton, 1896.

— De M. E. Schmidt (M. de la S.). *Les chaudières et les machines à vapeur à l'Exposition de Chicago. Communication faite à l'Assemblée générale du 1er juillet 1895 de la Société industrielle d'Amiens, par M. Archambault de Vençay* (grand in-8° de 46 p.) (Extrait du Bulletin de septembre-novembre 1895 de la Société industrielle d'Amiens). Amiens, T. Jeunet, 1895.

36297 — Dito. *Choix du timbre des générateurs, par M. E. Schmidt. munication faite au Congrès du Syndicat des Fabricants de de France à Paris le 4 mars 1896* (Extrait du 23e Bulleti mestriel du Syndicat des Fabricants de sucre de Fr Mars 1896) (grand in-8° de 11 p.). Paris, Imprimerie Presse, 1896.

36298 — Dito. *Économie à réaliser dans l'emploi de la vapeur motri sucrerie. Communication présentée au Congrès du Syndic Fabricants de sucre de France à Paris le 4 mars 1896 M. E. Schmidt* (Extrait du 23e Bulletin trimestriel du Syn des Fabricants de sucre de France. Avril 1896) (grand de 35 p.). Paris, Imprimerie de la Presse, 1896.

36299 — De l'United States Geological Survey. *Sixteenth Annual I*
36300 *of the United States Geological Survey to the Secretary*
36301 *Interior 1894-95. Ch. D. Walcoott, Director. In Four I Part. II. Papers of an Economic Character. Part. III. Mi Resources of the United States 1894. Metallic Products. T. Day, Chief of Division. Part. IV. Mineral Resources o United States 1894. Nonmetallic Products. David T. Day, of Division.* Washington, 1895.

36302 — De M. Ch. Compère (M. de la S.). *Compte rendu des séanc 19e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de pro taires d'appareils à vapeur, tenu à Bordeaux en 1895.* I E. Capiomont, 1896.

36303 — De Oesterreichischen Ingenieure-und Architekten Ver *Shäden an Dampfkesseln. Heft II. Schäden an Stabilke Herausgegeben vom Oesterreichischen Ingenieure-und Archi Vereine* (in-4° de 49 p. avec 13 pl.). Wien, 1896.

36304 — *Annuaire Chaix. Les principales Sociétés par actions. Années*
à 36306 *1895 et 1896.* Paris, Imprimerie Chaix, 1894 à 1896.

36307 — De M. J. Massalski (M. de la S.). *La Pompe Holst* (in-8° de avec 1 pl.). Amsterdam, 1896.

36308 — De la Société académique du département de l'Aube. *Mé de la Société académique d'Agriculture des Sciences, A Belles-Lettres du département de l'Aube. Tome LIX. Année* Troyes, Paul Nouel.

36309 — De M. A. Fock (M. de la S.). *Orient contre Occident. Le rôl nomique de l'Afrique, par A. Fock* (Extrait de la Nouvelle R du 15 août 1896) (in-8° de 21 p.). Paris, Librairie de la velle Revue, 1896.

36310 — *Le clou de l'Exposition de 1900. Le cylindre générateur mu cateur des forces* (petit in-4° de 6 p. avec 1 pl.). I L. Lenoir, 1896.

36311 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *The Tampico Ha Works, Mexico, by E.-L. Corthell* (Excerpt Minutes of Pr dings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXXV sion 1895-96. Part. III) (in-8° de 41 p. avec 1 pl.). London,

- De The Directory Publishing C° Ltd. *The Universal Directory of Railways Officials, 1896. Compiled from Official Sources, by S. Richardson Blundstone* (in-8° de 375 p.). London, 1896.
- De M. G.-R. Henderson (M. de la S.). *Locomotive Counter-balancing, by G.-R. Henderson* (pages 27 à 32 du Journal of the Association of Engineering Societies. Vol. XVII. July 1896, n° 1). Philadelphia, 1896.
- *Reglamento general de la Exposición Centro-Americana decretado por la Asemblea legislativa de la Republica de Guatemala el de 8 de Mayo de 1894* (in-8° de 48 p.). Guatemala, 1896.
- *Le Comte de Chambrun et le Musée social, par Bidiker* (grand in-8° de 16 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1896.
- De l'Automobile-Club de France. *Automobile-Club de France. Liste des Membres, 1896.* Paris, Siège social, 1896.
- De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers with other selected and abstracted Papers. Vol. CXXV, 1895-96. Part. III.* London, 1896.
- De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *Some Notes Physical and Commercial, upon the Delta of the Mississipi River, by Elmer Lawrence Corthell* (Read before Section D Mechanical Science and Engineering Association for the Advancement of Science. Buffalo, August, 25, 1896) (in-8° de 30 p.).
- Du Ministère des Travaux Publics. *Ministère des Travaux Publics. Direction des Routes, de la Navigation et des Mines. Division de la Navigation. Statistique de la Navigation intérieure. Relevé général du tonnage des marchandises. Année 1895. Premier et deuxième volumes.* Paris, Imprimerie Nationale, 1896.
- De l'American Institute of Mining Engineers. *Transactions of the American Institute of Mining Engineers. Vol. XXV. February 1895 to October 1895 exclusive.* New-York City, 1896.
- De M. F. Honoré (M. de la S.). *Congrès de la Société d'Économie sociale et des unions de la paix sociale, fondées par F. Le Play. XVe session 1896. Le chômage dans quelques industries parisiennes, par F. Honoré* (Extrait de la Réforme sociale) (in-8° de 12 p.). Paris, Secrétariat de la Société d'Économie sociale, 1896.
- De M. L. Salomon (M. de la S.). *Note sur l'emploi des machines à écrire et à calculer par le Service du Matériel et de la Traction de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, par L. Salomon* (Extrait de la Revue Générale des chemins de fer. Numéro d'avril 1896) (petit in-4° de 23 p.). Paris, V^{e} Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.
- Dito. *Note sur les nouvelles voitures de 2e classe du chemin de fer de ceinture de Paris, par L. Salomon* (Extrait de la Revue générale des chemins de fer. Numéro de juillet 1896) (petit in-4° de 19 p. 6 pl. et 3 photogravures). Paris. V^{e} Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36324 — Du Ministère des Travaux Publics. *Ministère des Travaux Direction des Chemins de fer. Division de l'Exploitation t et de la Statistique. Statistique des chemins de fer frai 31 décembre 1894. Documents divers. Première partie. Intérêt général.* Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

36325 — De Mme Ve H. Govignon. *Traité de la coupe des pie Méthode facile et abrégée pour se perfectionner en cette par J.-B. De la Rue, architecte* (grand in-folio de XIV-18 72 pl. et un frontispice). Paris, Charles-Antoine J 1738-1764.

36326 — De Mme Ve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.), éditeurs *thèque du Conducteur de Travaux Publics. Procédure droit pénal, par Louis Martin* (in-16 de 462 p.). Paris, Dunod et P. Vicq, 1896.

36327 — *Repertorium der Technischen Journal Litteratur. Herau im Kaiserlichen Patentamt. Jahrgang 1895.* Berlin, Ca manns, 1896.

36328 — De la Direction générale des Douanes. *Direction géné Douanes. Tableau général du mouvement du cabotage l'année 1895.* Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

36329 — De M. G.-R. Blot (M. de la S.). *Accumulateurs électriq dits à navettes* (in-8° de 11 p.). Paris, Imprimerie N 1896.

36330 — De la Société Vaudoise des sciences naturelles. *Univ Lausanne. Index bibliographique de la Faculté des Scien blications des professeurs et privat-docents avec une n l'histoire et l'organisation actuelle de la Faculté des Scien* de 116 p.). Lausanne, Viret-Genton, 1896.

36331 — De M. G. Bresson (M. de la S.). *Étude sur l'établisse prix de revient industriels, par G. Bresson* (Extrait de l universelle des Mines, tome XXXIV, 3e série, p 40e année, 1896) (in-8° de 32 p.). Liège.

36332 — De M. William Jackson. *Engineering Department Twen Annual Report of the City Engineer Boston for the ye* Boston, 1896.

36333 — De l'American Institute of Mining Engineers. *Americ tute of Mining Engineers. Officers, Members, Rules, etc. 1896.* Philadelphia.

36334 — De M. E. Ardoin (M. de la S.). *Plan de la ville et des en Biarritz, dressé par E. Ardoin, 1880. Revu, corrigé et en 1896* (une feuille 1/2 grand aigle). Paris, E. Monr

36335 — De M. L. Eyrolles (M. de la S.). *École spéciale de travau Cours professés par M. Léon Eyrolles. Cours de levés et nivellement, 1896-1897* (format 215 × 165 de 143 p. Paris, E. Blanc.

16 — Dito. *Ecole spéciale de travaux publics. Cours professés par M. Léon Eyrolles. Cours pratique des travaux, 1896-1897* (format 215 × 165 de 430 p. autog.). Paris, E. Blanc.

17 — De M. H.-P.-N. Halbertsma (M. de la S.). *Mededeelingen en discussien betreffende Draineer-leidingen en de duinwatterleidingen te S'Gravenhage en Amsterdam* (Overgedrukt uit de Notulen der vergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 9 juni 1896, blz 114-132) (in-4° de 21 p., avec 3 pl.). S'Gravenhage, 1896.

18 — De M. Jules Pillet (M. de la S.). *Plans successifs des Champs-Élysées depuis 1590 jusqu'en 1902* (7 photographies format 70 × 115).

19 — Dito. *Manuel du dessinateur. Causeries sur le dessin industriel. Revue encyclopédique de ses applications. Conseils pratiques sur l'exécution, par Jules Pillet* (Ouvrage grand in-8° de 424-52 p., avec 41 pl. intercalées dans le texte et terminé par un aide-mémoire). Paris, 38, boulevard Garibaldi.

10 — De la Chambre de Commerce de Paris. *Chambre de Commerce de Paris. Programme des conditions d'admission à l'École des hautes études commerciales* (in-12 de 37 p.). Paris, Nony et Cie, 1896.

11 — De M. A. Ronna (M. de la S.). *Les irrigations de la région aride aux États-Unis, par A. Ronna* (Extrait du Bulletin d'août 1896 de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale) (petit in-4° de 68 p.). Paris, Chamerot et Renouard, 1896.

2 — De M. N.-A. Belelubsky (M. de la S.). *Aus der Praxis des Baues eisener Brücken. II. Frei aufliegende Farbarbahn Steifigkeit des Spanwerks, von N.-A. Belelubsky* (in-4° de 18 p. avec 1 pl.). Riga, 1896.

3 — De M. J. Kraft (M. de la S.). *Conical Covers and Pistons, by John Kraft* (Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. CXXVII. Session 1896-97. Part. I) (in-8° de 31 p.). London, 1896.

— Du Secretario de Fomento, Colonizacion é Industria de la República Mexicana. *Estados Unidos Mexicanos, Ministerio de Fomento* (une feuille photogravure de 630 × 480)

— Dito. *Estados Unidos Mexicanos. Ministerio de Justicia é Instruccion publica* (une feuille photogravure 570 × 420),

— De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *Sir Henry Bessemer. A Biographical Sketch, by Dr. Robert H. Thurston* (Reprinted from Cassier's Magazine, 1896. New-York and London) (grand in-8° de 31 p.).

— De M. H.-R.-C. Parsons (M. de la S.). *The Sanitary Works of Buenos-Ayres : Sewage, Drainage and Water Supply, by H.-R.-C. Parsons* (Excerpt Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, vol. CXXIV, 1895-96. Part. II) (in-8° de 97 p, avec 3 pl.). London, 1896.

36348 — De M. Bernard Tignol, éditeur. *Dictionnaire de chimie trielle, par M. A.-M. Villon et P. Guichard. Tome I, cule 14, cahiers 10 à 19.* Paris, Bernard Tignol.

36349 — De M. H. Haguet (M. de la S.). *Vers le Nord. Crois « Général-Chanzy » en Norvège, Danemark, Suède et R l'occasion du couronnement du Tsar Nicolas II. 8 mai-3 jui par Henry Haguet* (in-4° oblong de 96 p. avec gravures) Chamerot et Renouard.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'octobr sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

F.-Ch. Baudry,	présenté par MM.	Demolon, Aygalenq, Bianchi.
A. de Biedermann,	—	Champouillon, Level, Vitali.
H. Bouvier,	—	Aygalenq, Bianchi, Demolon
J. Brossard,	—	Bécard, Brard, Lépany.
P.-E. Delaporte,	—	Perou, H. Roy, L. Dumont.
F.-E. Delcroix,	—	Courau, de Laville, Touchoı
P.-A. Dubois,	—	E. Collin, Minder, Monvoisi
E.-A. Jouan,	—	Dalifol, A. Piat, Gaultier Rosière.
H. Lautmann,	—	Lyon, A. Schmid, Schœnstei
M.-P.-A. Laval,	—	Gallois, Lacazette, Salmon.
S. Pautynski,	—	Gottschalk, E. Lippmann, Loı
J.-A.-A. Tribout,	—	de Dax, Guillon, A. Simon.
A. Valentin,	—	Villemer, Rey, de Dax.

Comme Membres associés, MM. :

D.-P. Bellet,	présenté par MM.	Baclé, de Nansouty, de Roc Luçay.
Ch.-J. Chevallier,	—	Bullot, Letaud, Niel.
L.-A. François,	—	de Grièges, Mesnard, Thoma:
L. Leverd,	—	E. Lemoine, Brivet, Prugnièı

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'OCTOBRE 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 2 OCTOBRE 1896

Présidence de M. L. Molinos, Président.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret de faire part du décès de plusieurs Collègues :

M. Bonnefond, Charles, membre de la Société depuis 1876, a été attaché à diverses Compagnies de chemins de fer, était en dernier lieu administrateur-directeur de la Compagnie française de matériel de chemins de fer ;

M. Coignet, Alphonse, membre de la Société depuis 1878, a été fabricant de produits chimiques, cofondateur du Prix François-Coignet ;

M. Couderc, Frédéric, membre de la Société depuis 1884, a été Ingénieur-constructeur ;

M. Defrance, Achille, membre de la Société depuis 1881, a été directeur des forges et aciéries de Dolling, près Sarrelouis ;

M. de Garay, Francisco, membre de la Société depuis 1879, a été professeur à l'École des Ingénieurs de Mexico, membre correspondant de la Société, chevalier de la Légion d'honneur ;

M. Hélaut, Jacques, membre de la Société depuis 1887, a été chef d'exploitation à la Compagnie des Chemins de fer de Dakar à Saint-Louis, chevalier de la Légion d'honneur ;

M. Nikiforoff, Basile, membre de la Société depuis 1889, a été chef du service technique de l'Administration du chemin de fer de Libau Romny, et sous-chef des travaux de la construction du chemin de fer de la Sibérie occidentale, à Tchéliabinsk ;

M. Olry, Émile, membre de la Société depuis 1888, a été Ingénieur-constructeur ;

M. Olivier, Marius-Arthur, membre de la Société depuis 1880, a été directeur des usines de produits chimiques de la Société Perret frères et Olivier et de la Compagnie de Saint-Gobain ;

M. Piatkowski, Bronislas-Romuald, membre de la Société depuis 1(
a été Ingénieur du Gouvernement de la République de Guatémala;

M. Rousset, Louis-Ernest-Edmond, membre de la Société depuis 18
a été imprimeur-éditeur;

M. Vergnol, Paul, membre de la Société depuis 1876, a été Ingéni
de la voie au chemin de fer d'Orléans.

M. E. Polonceau nous a remis une notice sur M. Vergnol, qui s
insérée au *Bulletin*.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les promotions et nominati
suivantes dont plusieurs Collègues ont été l'objet :

M. Berthelot, grand croix de la Légion d'honneur;

MM. M. Combelles, Ch. Grille et F. Honoré, chevaliers de la Lég
d'honneur;

M. E.-A. Bréhier, officier de l'Instruction Publique;

MM. A. Flicoteaux et L. Meyer, officiers d'Académie;

M. J. de Koning, chevalier du Mérite Agricole;

En outre, M. J.-A. Amiot a reçu de la ville de Paris une méda
d'argent en souvenir de la construction du siphon de la Concorde, d
il a dirigé les travaux;

M. H. Couriot a été nommé professeur titulaire du cours d'explo
tion des mines à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures;

M. H. Remaury a été nommé membre du Comité des Travaux Pub
des Colonies.

M. le Président fait part que M. Savornin, membre nouvellem
admis, a fait à la Société un don de 50 *f* et lui adresse ses remercieme

M. le Président donne la parole à M. Grouselle de Blanchefaee
dépose sur le bureau un plan d'unification de la division du cercle
Méridien terrestre et de la division du cercle horaire journalier.

M. le Président signale ensuite parmi les ouvrages reçus :

Le *Memento de l'Architecte et de l'Entrepreneur*, par L.-A. Barré,
la collaboration de Paul Barré fils;

Les cours de levé des plans et nivellement et cours pratique de
vaux, par M. Léon Eyrolles;

Le *Manuel du dessinateur*, par Jules Pillet.

M. le Président annonce qu'il a reçu divers avis et communicat
qui sont de nature à intéresser les membres de la Société :

1° Le programme d'un concours ouvert à l'Hôtel de Ville de Sa
Malo pour la recherche, la captation et l'adduction des eaux nécessa
aux besoins domestiques, au lavage des rues et au service des incend

2° Une circulaire de M. L. Ménard, notre Collègue, donnant des
seignements sur l'Exposition Centro-Américaine de Guatémala;

3° Du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et T
graphes, divers communiqués concernant des travaux de toute na
à exécuter à l'étranger, renseignements contenus pour la plupart (
le *Moniteur Officiel du Commerce*.

M. le Président ajoute que ces documents sont à la disposition
membres de la Société, au Secrétariat.

Avant d'aborder l'ordre du jour, M. le Président croit répondre au désir de tous nos Collègues en les mettant au courant de l'état d'avancement des travaux du *nouvel hôtel de la Société.*

Beaucoup de nos Collègues, probablement, sont allés voir les travaux, et ils ont pu constater leur avancement rapide. M. le Président a la satisfaction d'annoncer, en effet, que le programme arrêté dès le début se trouve rempli ; aussi peut-on espérer que l'hôtel pourra être mis à notre disposition dans le courant de décembre et que les élections auront lieu dans le nouveau local. Naturellement, tout ne sera pas terminé, et il faudra attendre le commencement de l'année prochaine pour que toutes les installations intérieures soient achevées.

La décoration du vestibule sera très simple; les planchers du rez-de-chaussée et de l'entresol sont en ciment armé; les voûtes et les murs seront recouverts de stuc imitant une pierre lisse sans joints. Les plafonds étaient prévus en mosaïque, mais des raisons d'économie nous obligeaient à remettre à plus tard cette décoration que nous comptions remplacer provisoirement par une peinture; mais notre Collègue, M. A. Loreau, à la suite d'une visite des travaux qu'il a faite avec notre architecte, nous a fait savoir qu'il nous offrait cette mosaïque; c'est un très beau don et nous devons lui en adresser tous nos remerciements. *(Applaudissements.)*

Pour la même raison nous devions remettre à plus tard la construction de l'ascenseur, mais la maison Édoux nous a permis de la réaliser de suite en nous faisant sur sa valeur une réduction de 50 0/0. C'est également un concours précieux dont nous avons à la remercier. *(Applaudissements.)*

Sans donner aujourd'hui la liste de tous les dons reçus, puisque dans deux mois, lorsque l'hôtel sera achevé, tous les concours seront signalés, M. le Président tient à remercier notre architecte, M. Delmas, du talent, de l'activité et de la méthode qu'il a apportés à la direction des travaux, et aussi les entrepreneurs de leur zèle. C'est grâce à ces dévouements que l'on a pu arriver à se maintenir dans les délais fixés d'avance pour l'exécution des travaux.

La parole est à M. de Perrodil pour sa communication sur *la fabrication industrielle du carbure de calcium et de l'acétylène.*

M. Ch. de Perrodil fait rapidement l'historique de la découverte du carbure de calcium et de sa fabrication et, dans ses conclusions, fait nettement ressortir que malgré les nombreuses discussions qui ont eu lieu à ce sujet, la découverte est bien française et due à MM. Henri Moissan, membre de l'Institut, et à son Collaborateur M. L. Bullier, Ingénieur-chimiste.

Passant en revue les divers types de fours électriques utilisés dans l'industrie du carbure de calcium, M. de Perrodil montre la différence importante qu'il y a entre les fours électriques appliqués à l'électro-métallurgie, fours dans lesquels il est impossible de bien distinguer les actions électrolytiques du courant de son action calorifique, et ceux créés depuis les importants travaux de M. Moissan, fours qu'il appelle plus spécialement fours électro-thermiques.

C'est dans ces derniers seuls, d'ailleurs, que l'on a pu obtenir bure de calcium, fondu, défini et cristallisé ; dans les autres fours jamais pu obtenir qu'une masse fritée pulvérulente.

M. de Perrodil décrit ensuite rapidement sur la fabrication et l priétés de ce nouveau corps et il insiste plus spécialement sur sa d position par l'eau en acétylène.

Au sujet de ce gaz, M. de Perrodil appuie principalement s propriétés explosives et ses dangers.

Des expériences de M. Vieille, il ressort que le gaz acétylène pr à une pression égale ou supérieure à deux atmosphères les car les gaz tonnants ; un point en ignition amène dans une masse tylène comprimé une décomposition brusque produisant des pr de l'ordre décuple de celles du début, fonction, en un mot, de la t rature produite par la décomposition de la masse.

Dans l'acétylène liquide, le même mécanisme amènerait à des sions auxquelles aucun récipient, bonbonnes d'acier et autres, ne rait résister ; 5 000 et 6 000 *kg*. On a alors cherché à provoquer pra ment des conditions pouvant reproduire les mêmes phénomènes.

C'est par le choc et la percussion de bonbonnes remplies d'acé gazeux et liquide, qu'il était supposable d'admettre une décompo brusque du gaz ou du liquide.

L'expérience a prouvé qu'il ne pouvait rien se produire de cette on peut traverser à balle, écraser une bouteille d'acétylène gazeu primé, ou liquide, il se produit des déchirements de l'envelopp étincelles, qui amènent le départ et l'allumage de la masse ga mais il ne se produit pas d'explosions mettant en miettes les rése

M. Vieille a conclu de ces expériences que l'acétylène présent insensibilité assez remarquable au choc et à la percussion, ma cela n'exclut pas son aptitude à la détonation par l'amorce au fulr de mercure, ce gaz étant endothermique, comme M. Berthelot l' établi.

A ce sujet, M. de Perrodil fait remarquer que la réaction du ca de calcium sur l'eau amenant un assez grand dégagement de ch il pourrait arriver que, en communication avec un réservoir comprimé alimenté par une source de ce genre, la chaleur due à réaction amenât une brusque décomposition qui, se communiqu toute la masse de gaz, produirait ainsi une pression décuple de cel le récipient peut supporter, et qu'une explosion violente ait lieu.

Il est possible que, dans l'expérience fondamentale de M. R. sur l'action maxima du carbure décomposé par l'eau, expérienc nissant les conditions précédentes, l'explosion ait été produite brusque décomposition à température élevée de l'acétylène comp d'ailleurs, M. R. Pictet a trouvé dans ses réservoirs un abondant de carbone, ce qui prouve une décomposition brusque.

Il ne faudrait donc pas conclure, dit M. de Perrodil, que cette sion a été due aux impuretés de l'acétylène, qui pourraient, en après de longues années, amener dans des tuyaux en cuivre des f tions d'acétylure de cuivre, si le gaz n'était pas sec, car les imp sont toutes en dissolution dans la vapeur d'eau entraînée, mais

rait bien provenir de l'élévation de température qui réalise la condition du point en ignition dans une masse de gaz comprimé.

Le seul danger de l'acétylène provient de ses mélanges avec l'air ; à partir de 8 0/0 d'air jusqu'à 12 0/0, les détonations sont violentes et les effets beaucoup plus dévastateurs que ceux provoqués dans les conditions ordinaires pour le gaz d'éclairage.

M. de Perrodil termine en présentant à la Société une série d'appareils intéressants, sans danger, entre autres une lampe portative due à M. Prevost, et appelée à un certain avenir.

M. le Président remercie M. de Perrodil de son intéressante communication, qui expose clairement la situation actuelle de cette industrie nouvelle. Il propose de remettre à une séance ultérieure la discussion qui est certainement importante et risquerait d'être écourtée si on l'entamait immédiatement.

M. le Président s'exprime ensuite en ces termes :

« Je vais avoir le plaisir de donner la parole à notre éminent et savant Collègue, M. le Professeur Belelubsky. Sur son désir, je ne lui adresserai pas de discours, pas même la moindre allocution, afin de lui éviter l'ennui de me répondre.

Cependant, au moment où ses Souverains vont donner un témoignage éclatant de l'amitié qui lie nos deux nations, il me permettra de le remercier d'avoir voulu, de sa propre initiative, nous réserver cette soirée, malgré les nombreuses et impérieuses obligations qui le rappellent à Pétersbourg. C'est une marque de sympathie et d'attachement pour notre Société, dont vous le remercierez chaudement tout à l'heure.

Monsieur Belelubsky, nous vous écoutons. »

M. Belelubsky commence par remercier la Société de l'avoir choisi pour délégué au Congrès de Zurich pour l'unification des méthodes d'essais des matériaux.

Il n'y avait eu, jusqu'à ces derniers temps, qu'une suite de conférences sur ce sujet, mais la question a pris une importance telle qu'un véritable Congrès a été organisé auquel la France était représentée par 33 membres sur 300.

Parmi eux se trouvaient M. E. Polonceau qui a été nommé Président de la Commission chargée de rapprocher les décisions prises dans les conférences antérieures et M. J. Barba qui a été nommé vice-Président de la Commission présidée par M. Ast (directeur des chemins de fer du Nord de l'Autriche) qui élaborera les questions techniques de l'unification des essais pour la réception des métaux.

M. Belelubsky, faisant ensuite allusion à la prochaine arrivée des Souverains russes en France, dit que c'est pour lui un plaisir que de prendre la parole à la Société dans ces circonstances mémorables. Il a pris pour sujet de conférence *les chemins de fer sibérien et transcaspien* qu'il a eu l'occasion d'examiner en visitant leurs ouvrages d'art et dont l'influence ne sera pas seulement grande pour la Russie mais aussi pour les autres nations d'Occident.

Il rappelle que S. M. l'Empereur de Russie a assisté à l'inaugura-

tion des travaux du chemin de fer sibérien, à Wladivostok pendant son voyage autour du monde en qualité de Grand-Duc héritier, et que depuis Elle n'a pas cessée de s'intéresser à leur achèvement.

Il dira également quelques mots de *l'Exposition de Nijni-Novgorod.*

L'orateur fait passer sous les yeux de l'assemblée des cartes représentant le tracé de ces chemins de fer et indique quelles sont les parties achevées.

Sans entrer ici dans le détail de la communication au sujet de laquelle M. Belelubski a promis de nous envoyer une note détaillée, nous rappellerons seulement que la longueur du chemin de fer sibérien n'a pas moins de 7 000 *km*. Les ouvrages d'art ont été construits d'après le système préconisé par l'orateur avec pièces de pont reposant sur rotules. Les piles reposent sur caissons. Les matériaux de construction ont été fournis en majeure partie par les usines de la Russie européenne (surtout de l'Oural) et en partie par des usines qui se sont créées ou développées le long des nouvelles lignes. Des vues fort intéressantes des principaux ponts de ces chemins de fer sont projetées au tableau et permettent de juger des difficultés qu'a offert la construction de ces ouvrages dans des climats aussi froids.

On voit en particulier des vues des travaux des ponts sur l'Irtisch ainsi que sur l'Obi : un tableau montre une construction en bois élevée sur une des piles en maçonnerie pour permettre de continuer à travailler dans l'atmosphère chauffée à l'intérieur.

En certains points on a posé la voie sur la glace même pour ne pas interrompre le trafic en attendant l'achèvement des ponts en fer.

La ligne transcaspienne commence à l'ouest de la mer Caspienne et l'autre ayant son point de départ en face de Bakou et allant jusqu'à Samarkande. Ce chemin de fer doit être un jour réuni avec les lignes sibériennes ou celles de l'Oural.

En même temps que l'on a construit le chemin de fer transcaucasien on a dû se préoccuper d'alimenter en eau certains points du désert qu'il traverse ; grâce à cette alimentation on peut élever des villes verdoyantes au milieu des sables arides et mouvants.

M. Belelubsky montre une série de vues des ouvrages d'art et du désert de Samarkande, etc. Il montre les effets produits par la débâcle qui a détruit le pont d'Amou d'Aria sur 300 *m* de longueur, les wagons transportés par bateaux, les effets d'un tremblement de terre sur les bords de la mer Caspienne où ils sont fréquents.

On voit également les effets du déplacement du sable qui vient recouvrir la voie sous l'action du vent. On combat cette mobilité du sable en plantant certaines plantes spéciales dont on nous montre les photographies de plusieurs spécimens.

M. Belelubsky donne des détails plus particuliers sur les travaux de la Commission spéciale, dont il faisait partie, et qui avait pour mission d'étudier le remplacement du pont provisoire sur l'Amou Daria, par une construction définitive. La longueur du nouveau pont qui sera construit tout près du pont existant est de 1 500 *m*.

M. Belelubsky fait une courte description de l'Exposition de Nijni-Novgorod qui présentait un vif intérêt en raison de la large partici

sation des Ministères, des Administrations de chemins de fer et de la Sibérie, ainsi que de celle des industriels.

L'auteur s'étend surtout sur la section des essais techniques. C'est la première fois qu'à l'intérieur même d'une Exposition on a vu fonctionner effectivement une station de ce genre, où l'on expérimentait, au point de vue technique, aussi bien les matériaux de construction que les différents produits importants et où l'on procédait aux analyses physiques et chimiques.

M. Belelubsky fut chargé, en qualité de directeur du Laboratoire de Pétersbourg, d'organiser la section des essais mécaniques. Grâce au concours des principaux constructeurs étrangers d'appareils d'essais, cette exposition était très complète et elle a fonctionné régulièrement devant les visiteurs.

Plusieurs vues de cette exposition sont ensuite projetées au tableau.

M. Belelubsky termine en renouvelant l'espoir que les grands travaux entrepris par la Russie, en Asie, profiteront à toutes les nations de l'Europe aussi bien qu'aux pays où ils sont exécutés. *(Applaudissements.)*

M. le Président s'associe aux vœux de M. Belelubsky et le remercie vivement pour sa très intéressante communication.

Il est donné lecture, en première présentation des demandes d'admission de MM. P.-E. Delaporte, F.-E. Delcroix, P.-A. Dubois, S. Pautynski, L.-A.-A. Tribout, comme membres sociétaires.

MM. F.-Ch. Baudry, A. de Biedermann, H. Bouvier, J. Brossard, E.-A. Jouan, H. Lautmann, M.-P.-A. Laval, et A. Valentin, sont reçus membres Sociétaires,

Et MM. D.-P. Bellet, Ch.-J. Chevallier, L.-A. François et L. Leverd, membres associés.

La séance est levée à 11 heures un quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 16 OCTOBRE 1896

Présidence de M. L. Molinos, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président fait donner lecture d'une lettre de M. É. Bert, relat aux paroles prononcées par M. E. Badois dans la séance du 17 jui dernier.

« *Paris, le 16 octobre 1896.*

» Monsieur le Président,

» Il est peut-être un peu tard pour demander une rectification procès-verbal de la séance du 17 juillet; cependant, il contient erreur historique qui pourrait être reproduite et qu'il me parait util ne pas laisser se propager.

» M. Badois, parlant du projet d'amener les eaux du lac Léma Paris, s'exprimait ainsi (p. 19 du *Bulletin*) :

« Quant à la question militaire, le trajet est défendu sur les 4/
» sa longueur, où il est à l'abri de toute espèce d'invasion, qui es
» seule chose que nous ayons à craindre ; sur le 1/5 restant, l'aque
» près de Paris, serait dans les mêmes conditions que ceux de la Va
» et de la Dhuis, *qui n'ont pas été touchés en 1870.* »

» Ces derniers mots comportent une double erreur.

» En ce qui concerne la Vanne, les travaux de canalisation n'éta pas terminés en 1870: l'eau n'a commencé à venir à Paris qu'en 1 et c'est seulement en 1877 que l'aqueduc a été complètement rempli

» Quant à la Dhuis, l'erreur n'est pas moins manifeste: le 12 tembre 1870, un bataillon de l'armée ennemie s'est rendu de Chât Thierry aux sources de la Dhuis, où le commandant a fait jeter da rivière les eaux de la dérivation. Un procès-verbal officiel de cette ration, dressé par le garde-source Boucan et adressé au Préfet d Seine, fut détruit dans l'incendie de l'Hôtel de Ville. Les Pruss firent en outre ouvrir tous les regards de l'aqueduc, et la gelée sionna, aux abords de chacun d'eux, d'importants dégâts.

» Les eaux du canal de l'Ourcq furent aussi interceptées par l'enn et la ville de Paris n'a été alimentée, pendant le siège, que pa eaux puisées dans la Seine ou dans la Marne à l'usine élévatoir Saint-Maur.

» Les renseignements qui précèdent m'ont été fournis par notre lègue, M. Renard, inspecteur honoraire des aqueducs de la vill Paris, chef du service des eaux en 1870 : leur exactitude est donc ir testable.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les plus distingués,

» Émile Bert. »

M. le Président a également reçu des lettres de M. Bouvier et de M. J. Pillet, relatives à des communications antérieures, et prie M. le Secrétaire d'en faire un résumé qui sera communiqué à la fin de la séance.

M. le Président a le regret d'informer la Société du décès de nos Collègues :

E.-A. Dubois, membre de la Société depuis 1875 ; a été Ingénieur à la construction du chemin de fer de la Croix-Rousse, dont il a ensuite dirigé l'exploitation pendant plusieurs années, puis Ingénieur aux chemins de fer roumains, aux chemins de fer de la Réunion et à la construction du port de Buenos-Ayres;

J.-B. Gobert, membre de la Société depuis 1876.

M. le Président a le plaisir d'annoncer les nominations suivantes :

Officier de l'Instruction publique : M. Fourchotte;

Officiers d'Académie : MM. Forgue, G. Michaux et Surcouf.

MM. Badois, Bourdais et Hunebelle ont été désignés pour faire partie de la Commission technique nommée à la Préfecture de police.

M. le Président fait part qu'à l'occasion des fêtes pour la réception des Souverains russes nous avons envoyé des télégrammes à l'Institut des Ingénieurs des voies de communication de Saint-Pétersbourg et au Président de la Société Technique Impériale Russe. Nous avons reçu des réponses à ces télégrammes dans les termes les plus cordiaux. En voici le texte :

« *Directeur Institut des Ingénieurs des voies de communication.*
Saint-Pétersbourg (Russie).

» Au milieu des acclamations enthousiastes de toute la France en l'honneur de vos très Augustes Souverains, les Ingénieurs Civils de France tendent une main amicale à leurs chers Collègues de Russie.

» *Le Président* : L. Molinos. »

« *Président Société Technique Impériale Russe, Saint-Pétersbourg.*

» A l'occasion des fêtes en l'honneur de vos Augustes Souverains, la Société des Ingénieurs Civils de France exprime aux membres de votre Société ses sentiments sincères de cordiale confraternité.

» *Le Président* : L. Molinos. »

« *L. Molinos, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France,*
10, cité Rougemont, Paris.

» Ignorant les distances qui nous séparent, nous nous joignons aux acclamations de nos chers Collègues à Paris, en l'honneur de la sympathie pour la France manifestée par nos Augustes et bien-aimés Souverains.

» Ghercevanof,
» *Directeur de l'Institut des Ingénieurs des voies de communication.* »

« *L. Molinos, Président de la Société des Ingénieurs Civils de France*
10, cité Rougemont, Pa

» Société Technique Impériale Russe, heureuse des sentiments c diaux et unanimes exprimés par la nation française à l'occasion de visite de nos Augustes Souverains, s'empresse d'assurer la Société Ingénieurs Civils de France de ses sentiments affectueux et fraternels

» *Pour le Président :* A. Gortschakoff. »

(Applaudissements.

M. le Président dépose sur le Bureau la liste des ouvrages reçus d puis la dernière séance, que l'on trouvera à la suite du procès-verbal.

Il signale particulièrement le rapport sur le Congrès des Sabl d'Olonne, par M. Cacheux, délégué de la Société à ce Congrès.

M. le Président annonce également que nous avons reçu du Minist du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes, différen communications sur des travaux qui se font à l'étranger et qui peuv intéresser nos Collègues. On pourra en prendre connaissance au Sec tariat, où ils sont à la disposition des membres de la Société.

M. le Président rappelle que le *Congrès de la Société* doit avoir li au mois de décembre prochain.

Le Comité, en vue d'intéresser davantage ceux de nos Collègu qui habitent la province, a décidé de tenter un essai : c'est de créer Congrès annuel, qui se tiendrait au siège de la Société, à une époq très voisine des élections, c'est-à-dire au mois de décembre, de maniè que nos Collègues de province puissent choisir cette époque pour co muniquer des mémoires et, en même temps, participer aux élection Nous avons obtenu des Compagnies de chemins de fer que les congre sistes ne paieront que demi-place.

Nous avons l'espoir que ce Congrès pourra se tenir cette année da le nouveau local de la Société qui, à cette époque, sera habitable. L élections préparatoires ayant lieu le 11 décembre, et les élections dé nitives le 18, nous avons pensé que le Congrès pourrait se tenir le 1 il y aurait une première séance de jour le 17, une seconde le 18, et, le programme n'est pas épuisé, une troisième séance le 19. Ce sera u espèce d'inauguration en famille, intime, de notre nouvel hôtel.

Nous devons évacuer le local actuel le 15 décembre, il faut donc d à présent nous préoccuper du déménagement. Celui de la bibliothèqu est une affaire considérable, car il y a plus de 100 000 volumes, gr ou petits, à déplacer, et pour que les choses se passent avec ordre. faut s'y prendre à l'avance. Aussi M. le Président a-t-il le regret d'a noncer que la bibliothèque sera fermée à partir du 25 de ce mois.

M. A. de Bovet a la parole pour sa communication sur *le Po Alexandre III.*

M. A. de Bovet décrit le projet du pont à construire pour l'Exp sition, dans l'axe de l'Esplanade des Invalides, tel qu'il est connu par dossier d'enquête.

Ce pont n'a qu'une seule arche de 110 *m* d'ouverture. Il faut sav gré à l'Administration d'avoir adopté un arc comme celui-là, qui p

met de supprimer toute pile en rivière. Mais cela ne suffit pas : il faut encore le bien placer, et, au point de vue de la navigation, il l'a été mal, si mal que, malgré cette portée considérable, il ne laisse en hautes eaux, sous 5,50 *m* de tirant d'air, qu'un passage de 30 *m* de large, et qu'il amène à rétrécir la largeur de la Seine du côté de la rive droite, du côté précisément où, à cause de la courbe que décrit le fleuve, les convois de bateaux sont rejetés à leur sortie du pont de la Concorde.

La navigation demande avec instance : 1° que le pont soit reporté vers la rive droite, de façon que les ports droits à construire restent aux emplacements déterminés à la suite de l'enquête de 1895;

2° Que les culées soient établies de façon que l'accès de la rive ne devienne pas impossible sous les 40 *m* que couvre le pont;

3° Enfin, que le pont soit surélevé de 0,80 *m* environ, de façon à laisser en hautes eaux une corde libre d'au moins 60 *m* sous plus de 5 *m* de hauteur.

C'est surtout le voisinage immédiat du pont des Invalides, distant du nouveau pont de 200 *m* seulement, qui rend indispensable de tenir compte des demandes de la navigation. On ne voit pas quelles objections sérieuses peuvent être faites aux deux premières, qui conservent toute leur valeur en tout état de cause. Si, pour des motifs de pure esthétique qui semblent, du reste, bien contestables, on croyait devoir se refuser à admettre la troisième, il faudrait de toute nécessité refaire immédiatement le pont des Invalides.

Le pont nouveau a été dédié à la mémoire de l'empereur Alexandre III : c'est un motif de plus pour désirer qu'il ne puisse donner lieu à aucune critique.

Il serait vraiment déplorable que, pour l'organisation d'une fête de six mois, on en vînt à créer des ouvrages permanents de nature à entraver le développement d'une industrie qui touche de si près aux intérêts généraux permanents du pays, puisqu'elle exécute une part extrêmement considérable de ses transports intérieurs.

M. le Président demande si quelqu'un a des observations à présenter au sujet de la communication de M. de Bovet.

M. J. Fleury est tout à fait d'accord avec M. de Bovet pour réclamer contre le rétrécissement de la voie navigable, qui serait la conséquence de l'exécution du projet actuel. La première préoccupation que doit avoir l'administration publique en autorisant la construction d'un nouveau pont, d'une largeur exceptionnelle, sur cette partie si fréquentée du fleuve c'est, à tout le moins, d'exiger pour la batellerie la largeur navigable dont elle jouit jusqu'à présent.

Mais, en outre, on doit se préoccuper de ne pas rétrécir le débouché d'écoulement des grandes crues. Il y a là une question de sécurité pour les riverains d'amont. Or, les culées projetées font sur le profil actuel des murs droits des quais une saillie de 21 à 22 *m*, sur chaque rive. Un pareil rétrécissement constitue un véritable danger.

Comment éviter ces deux inconvénients ?

Donner plus de flèche à l'arc métallique ?

Mais alors on rompt le niveau entre l'Esplanade et les Invalides, et le

maintien de ce niveau parait une condition essentielle de l'esthétique du projet.

Resterait alors de faire un arc beaucoup plus allongé, de façon à reporter les culées au delà des murs de quai. Mais le problème devient tout de suite beaucoup plus difficile, et s'il reste réalisable, il serait certainement fort coûteux.

Il y aurait un procédé plus modeste, mais d'une réalisation plus simple et plus économique. Ce serait un pont à plusieurs arches, en disposant celles-ci de façon qu'elles se projettent à peu près exactement sur celles du pont des Invalides. Le débouché d'inondation serait beaucoup moins rétréci que par les culées projetées, et la circulation de la batellerie ne serait pas sensiblement plus gênée qu'à tout autre passage de pont.

M. E. Cacheux a vu la coupe du pont, et effectivement la moitié de la façade des Invalides serait cachée avec la hauteur du pont actuel pour un promeneur placé à l'angle de l'Esplanade des Invalides et de l'avenue des Champs-Élysées; c'est pour cette raison que l'Administration a étudié un pont avec une arche au milieu; il croit que si l'on voulait élever le pont, plus que ne l'indique le projet, on rencontrerait une vive opposition de la part de différentes Sociétés.

M. A. Lavezzari, Secrétaire, signale que dans la lettre de M. Pillet qu'il a sous les yeux, il se trouve justement un point qui touche à la discussion actuelle. M. Pillet fait remarquer qu'il y avait autrefois dans la partie où se trouvera le pont des Invalides, sur la rive gauche de la Seine, un petit bras de rivière maintenant disparu, et il y trouve une explication rationnelle des accidents successifs arrivés aux ponts dits des Invalides.

Le premier projeté en 1806 par l'architecte Poyet et repris en 1825 par Navier était entièrement suspendu, mais les tassements qui se produisirent sous les piliers de la rive gauche empêchèrent de le livrer à la circulation.

En 1827, un pont à cinq travées fut construit sous les ordres de Vergel, mais cette fois encore des tassements firent craindre des accidents, et, en 1854, on décida la construction d'un pont monumental; tracé par Gariel, il fut très soigneusement construit, et cependant on sait l'accident qui lui arriva en 1878.

Il est curieux de voir que, dès 1806, l'architecte Poyet prévoyait la traversée de la Seine par un pont métallique en une seule travée dans le voisinage de l'emplacement choisi pour le nouveau pont.

M. J. Carimantrand dit qu'en voyant le profil de ce pont-là surbaissé, d'un aspect écrasé, il est permis de se demander l'effet qu'il fera au point de vue esthétique.

M. A. de Bovet cite l'exemple du pont Mirabeau.

M. J. Carimantrand se demande pourquoi on ne ferait pas un pont suspendu. On lui donnerait la longueur et la hauteur réclamées par la batellerie; il serait facile d'obtenir un profil léger, par suite, d'établir économiquement un ouvrage élégant, et tout le monde serait satisfait

. LE PRÉSIDENT fait observer qu'un pont suspendu ne pourrait être pté parce qu'on ne veut pas masquer les Invalides. Dans la récla- on actuellement exposée devant la Société, on ne demande que 80 *cm* ırélévation.

P. REGNARD estime qu'aux Invalides, il n'y a que le dôme qu'il soit essant de ne pas cacher.

A. DE BOVET répond aux observations de M. Fleury que, les ingé- s de la navigation considérant comme dangereux de descendre au- us de 110 *m* d'espace libre, on ne peut mettre de pile au milieu la condition de reculer les culées; quant à l'établissement de plu- ; arches, il démontre sur le dessin que la position occupée par les du pont des Invalides ne permet pas d'adopter le nombre de deux trois qui produirait un entrecroisement des piles très dangereux la navigation; il faudrait donc arriver au nombre de quatre et re- : l'axe du pont vers la rive droite, comme on le demande déjà pour c unique.

J. FLEURY dit que cette solution ne lui déplairait pas.

LE PRÉSIDENT estime qu'il ne serait pas rationnel alors que les ės réalisés dans l'art de la construction ont permis d'établir le pont ɔeau en une seule arche, de revenir pour le nouveau pont à trois ıatre arches.

le pont des Invalides est un obstacle à la navigation à cause de la ou de ses piles, il ne faut pas hésiter à envisager sa démolition; sera pas un grand sacrifice, étant donné ses conditions déplorables ıbilité. Il ne faudrait pas que l'Exposition de 1900, pour laquelle le :au pont est construit, mais à laquelle il survivra, fût une date né- pour la batellerie, et qu'au lieu d'être déterminé suivant les règles ées pour les derniers ponts construits à Paris, cet ouvrage se pré- t dans de plus mauvaises conditions que le plus défectueux des ponts ıris.

LE PRÉSIDENT remercie M. de Bovet de son intéressante communi- ı et donne la parole à M. Léon Appert pour sa communication *Industrie du verre.*

Léon APPERT rappelle, en commençant, les noms de quelques-uns ıembres de la Société qui, à diverses époques, l'ont entretenue de ions ayant trait à cette industrie; il cite les noms de Salvetat Clémandot qui sont encore dans toutes les mémoires. M. Eugène ıux a, récemment, présenté une étude sur l'emploi du verre dans dustries électriques, et M. Falconnier a montré les services que ıit rendre le verre par un nouvel emploi qu'il en a fait dans les ructions. M. Léon Appert lui-même a, à diverses reprises, fait ıître à la Société des procédés nouveaux intéressant cette industrie. lonne les raisons pour lesquelles la Société des Ingénieurs Civils rance n'a pas été tenue au courant, au fur et à mesure de leur appa- n, des perfectionnements importants apportés aux procédés de toute re qui y sont employés; cette industrie se recommande cependant l'importance des transactions auxquelles elle donne lieu (elle est r l'Europe seule de un demi-milliard de francs par an), et par les

multiples emplois qui sont journellement faits du verre sous les form les plus variées.

Après avoir signalé la lenteur avec laquelle cette industrie s'est dév loppée depuis sa découverte pour la fabrication d'objets d'usage cou rant, il rappelle les distinctions qui doivent y être faites suivant nature et la qualité des produits fabriqués, chacun d'eux donnant li à un genre de fabrication différent.

Il en énumère les phases successives :

1° La composition et le mélange des matières vitrifiables;
2° La fonte du verre;
3° Le travail pour la mise en œuvre du verre fondu.

M. Léon Appert signale, en premier lieu, en ce qui concerne la com position du verre, l'influence qu'ont eue pour l'amélioration de sa qual les perfectionnements apportés à la fabrication de la soude, le carb nate de soude obtenu par le procédé Leblanc et, plus tard, par le pr cédé Schlœsing et Rolland, ainsi que le sulfate de soude, venant substituer aux cendres des végétaux employés primitivement ou a soudes imparfaites provenant de la fonte ou de la lévigation de c cendres employées ultérieurement.

Il signale, en même temps, les avantages économiques que prése l'introduction directe dans les mélanges vitrifiables de produits nat rels contenant des corps constitutifs du verre et plus particulièreme des corps alcalins tels que les feldspaths.

L'étude des propriétés physiques du verre, spécialement au poi de vue optique, a amené à introduire dans sa composition des co jusqu'ici inemployés pour cet usage. On a ainsi obtenu des verres do de pouvoirs réfringents très variés, les plus propres à répondre a besoins de l'optique scientifique et industrielle.

M. Léon Appert rappelle à cette occasion les travaux de notre anci Collègue, Clémandot, qui, dès 1850, comprenant l'importance du r qu'était appelé à jouer le verre dans cette branche de la physique, av fabriqué, à la cristallerie de Clichy, des flints et des crowns variés composition et de propriétés optiques remarquables.

Le Gouvernement allemand, non moins convaincu de l'importa de cette fabrication, a pensé, depuis cette époque, devoir l'encourag et a subventionné à cet effet, à l'instigation du docteur Schott, une v rerie spécialement destinée à la fabrication des verres d'optique q été installée à Iéna.

L'initiative privée a suffi, en France, pour organiser dans des co tions aussi favorables une fabrication analogue.

Les modifications apportées à l'état physique du verre par l'opéra de la trempe, ne pouvaient qu'intéresser vivement la Société des I nieurs Civils de France par l'analogie des phénomènes qui s'acc plissent au cours de cette opération, aussi bien dans l'acier que dan verre ; elle avait été saisie de cette question au moment où la créa des procédés propres à en réaliser les applications industrielles avait connue.

M. Léon Appert rappelle les espérances auxquelles les premiers es

donnèrent lieu; ces espérances ne se sont qu'imparfaitement réalisées, et le procédé de la trempe du verre, malgré les qualités très réelles qu'il lui donne, est actuellement presque abandonné en Europe.

Il est employé aux États-Unis, sur une petite échelle, pour la fabrication de quelques pièces de petit volume telles que des verres à gaz et des verres de lampe. Il ajoute que M. Siemens est parvenu à fabriquer des verres à vitre ayant les qualités du verre trempé, par un procédé de refroidissement ménagé, différent de celui de la trempe; il a donné à ce verre le nom de *verre durci par compression.*

M. Léon Appert passe à l'examen des améliorations apportées à la fusion du verre :

Il signale les modifications importantes qu'ont subies les conditions économiques de cette opération d'un si grand intérêt par l'adoption, maintenant générale, des fours à gaz et particulièrement des fours du système Siemens, à gaz et à chaleur régénérée.

Il rappelle que ce système de four a été adopté en France, dès son apparition, par MM. Maës et Clémandot, à la cristallerie de Clichy, et par M. Hector Biver, à la glacerie de Saint-Gobain.

L'économie de combustible obtenue, déjà de près de 50 0/0 sur sa consommation, comparée à celle des anciens fours à la houille, devait être encore augmentée quelques années plus tard par l'invention des fours à bassin, à chargement et à travail continus, utilisables pour la production de masses importantes de verre de même nature, comme il est nécessaire de le faire pour la fabrication des bouteilles et pour celle des verres à vitres.

La puissance de production de ces appareils, de beaucoup supérieure à celle des fours à creusets qu'ils remplaçaient, était telle qu'elle dépassait rapidement les besoins de la consommation, amenant une véritable perturbation dans les conditions économiques du marché.

Il signale également les avantages qu'ont procurés à des verreries de moindre importance les fours à gaz du système Bœtius, spécialement dans la fabrication de la gobeleterie de cristal et de verre.

L'emploi du gaz semble, du reste, devoir se généraliser dans les verreries, en particulier pour la recuisson des pièces après leur fabrication.

M. Léon Appert, en rappelant les diverses espèces de gazogènes portant les noms de leurs inventeurs, tels que Siemens, Wilson, Lencauchez, employés en Europe, et le gazogène Taylor employé aux États-Unis, cite ceux d'entre eux dont l'emploi est le plus fréquent dans les verreries, suivant les besoins auxquels ils ont à répondre.

Il dit quelques mots de la régénération du carbone des gaz brûlés et du gazogène inventé à cet effet par MM. Biedermann et Harvez.

Il signale que l'essai de ce procédé, si plein d'intérêt en théorie, a été fait dès les premiers temps de son apparition par un de nos Collègues, M. Despret, à la glacerie de Jeumont.

Il termine en parlant du gaz naturel aux États-Unis et de son emploi pour le chauffage des fours de verrerie, ainsi que des avantages pratiques et économiques qu'il procure.

Abordant la question du travail et de la mise en œuvre du verre, il

rappelle les améliorations apportées au travail par soufflage, par l'em de l'air comprimé mécaniquement. Il signale ensuite l'importance prennent le procédé de moulage à la presse et le procédé plus ré de moulage à la presse suivi du sursoufflage par l'air comprimé.

Il rappelle également le procédé de moulage méthodique déjà senté à la Société.

La fabrication des glaces obtenues par coulage devait également tirer l'attention de la Société : en dehors des procédés de fusion e fonte très améliorés, il fait connaitre les perfectionnements apportés procédés de doucissage, de savonnage et de polissage employés d cette branche si importante de l'industrie du verre; il cite l'abaissem de près de 60 0/0 obtenu dans le prix de revient de la glace polie fait de leur adoption.

Il termine en signalant les essais en cours pour la fabrication mé nique des bouteilles et flacons, essais qui, jusqu'ici, n'ont donné des résultats incomplets, sur lesquels il espère avoir à revenir plus ta

M. Léon Appert, après avoir résumé les observations qui vienn d'être présentées, entre dans quelques considérations générales sur venir de l'industrie du verre, sur son développement et sur les servi qu'elle est appelée à rendre, en se plaçant successivement au point vue de la fabrication de ce corps d'une si grande utilité, et de son emp

En ce qui concerne sa fabrication, l'invention de procédés mécaniq nouveaux a permis d'employer le verre à la confection de pièces grande dimension et de grande capacité, créant ainsi de nouveaux bouchés qui en permettent l'utilisation sur une grande échelle.

Pour les objets d'usage courant, les perfectionnements apportés a procédés mécaniques déjà en usage et l'abaissement du prix de revi qui résulte de leur emploi ne peuvent qu'en développer les applicati déjà de plus en plus nombreuses et variées, et ce n'est pas sans ap rence de probabilité que ce procédé de fabrication par moulage, déjà près d'être parfait, ne se développe au détriment de l'ancienne fabri tion manuelle par soufflage.

Ce dernier mode de fabrication rencontre, en effet, de sérieux obsta par suite de difficultés inhérentes à son fonctionnement même, prir palement pour le recrutement d'un personnel spécial difficile à form

L'application de la loi du 2 novembre 1892 réglementant le trav des enfants, des filles mineures et des femmes dans les établisseme industriels, vient encore y apporter de nouvelles entraves en diminu le nombre des apprentis indispensables et en rendant leur apprent sage presque impossible par suite du peu de temps pendant leque peut s'effectuer.

En ce qui concerne l'emploi du verre, M. Léon Appert exprime l'es que les qualités du verre si particulières et si précieuses, en deh même de celle de sa transparence, jusqu'ici la plus connue et la se utilisée, seront de mieux en mieux appréciées, et que grâce aux p fectionnements de toute nature apportés à sa fabrication, il prendra d les constructions et les travaux publics une place plus importa comme la base de matériaux nouveaux mis à la disposition des In nieurs et des Architectes.

?RÉSIDENT remercie M. Appert de sa très intéressante commu-
et donne la parole à M. le Secrétaire pour présenter le résumé
; de MM. A. Bouvier et J. Pillet.

Lettre de M. A. Bouvier.

ite d'un voyage en Allemagne, M. Bouvier demande à donner renseignements qui compléteront la communication de M. La-r les tramways à gaz.

nes existantes signalées, il faut ajouter celle de Maëstricht, en et une autre qui fonctionne, sauf erreur, à Colmar.

deux voitures circulent entre Berlin et Charlottenbourg; pour : on a renoncé à l'électricité dans la crainte de produire des ons dans les appareils électriques de l'Ecole Polytechnique de ıbourg.

pare une autre ligne à Hirschberg-Warmbrunn sur une lon-13,5 *km*.

ıu, il y a des rampes de 5 0/0 et des courbes de 15 *m* de rayon, tation se fait sans difficulté.

vier trouve que dans les derniers modèles de voiture les incon-lus aux trépidations, odeurs, etc., sont fort diminués, et il a iance dans l'avenir de ce mode de traction.

Lettre de M. J. Pillet.

:t fait observer, au sujet de la communication de M. Labro sur ɔn de 1900, que c'est une erreur de dire que le Palais de l'In-:té construit pour l'Exposition de 1855.

ı contraire, le décret qui en a ordonné l'exécution visait un yant pas le caractère temporaire, mais destiné à recevoir toutes ions artistiques et pouvant servir aux cérémonies publiques.

parait avoir été atteint jusqu'ici. M. Pillet profite de cette r annoncer qu'il offre à la Société une série de photographies ; montrant les transformations successives des Champs-Ély-a place de la Concorde et du cours la Reine depuis l'époque :s de la Seine étaient formées par le Pré aux Clercs à gauche ures Lévêque à droite.

emarquer que sur les premières vues figure un bras de la Seine ·té parlé plus haut, et en tire les conclusions qui ont été rap-

ɔnne lecture en première présentation des demandes d'admis-M. B. Bassères, J.-A. Crouet, P.-B. Durey, Ch. Elwell, D. Fa-·E.-M. de Gaechter, P.-P. Gleize, G. Griffisch, Ch.-J.-A. ınnet, F. Jasinski, A. Kraeutler, H. Laval, V.-G.-M. Maubras, .rsons, J. Renous, L. Vignal comme membres sociétaires, et ..-V.-A. Bohain et B. Silvano de Mendonça comme membres

.-E. Delaporte, F.-E. Delcroix, P.-A. Dubois, S. Pautynski et Tribout sont reçus membres sociétaires.

ınce est levée à 10 heures et demie.

L'EAU A NEW-YORK

PAR

M. J. FLEURY

Dans le courant de cette année, la Société des Ingénieurs ci
de France a reçu de leurs auteurs l'hommage de deux ouvra
importants relatifs à l'approvisionnement et à la distribution d'e
de New-York. Le premier est le rapport complet et détaillé po
1895 de la *Croton new Aqueduc Commission*, qui a actuellement
charge de tout ce qu'on pourrait appeler, par analogie avec l'o
ganisation administrative de Paris, le service des eaux de Ne
York. Ce rapport nous a été adressé par M. Fteley, qui, depu
longtemps, avec le titre d'Ingénieur en chef, a la direction des t
vaux actuels, dont le projet est en grande partie, son œuv
propre.

Ceux des membres de la Société qui, à l'occasion de l'Expo
tion, sont allés à Chicago ont gardé le souvenir de l'accueil c
dial et empressé, qu'à leur passage à New-York, ils ont trou
auprès de M. Fteley. Ils sont, déjà, grâce à lui, au courant d
travaux dont nous entretient l'ouvrage qu'il vient de nous adr
ser, et qui est un nouveau témoignage des sentiments sym
thiques de l'éminent Ingénieur pour ses Collègues français.

Presque en même temps, M. Wegmann nous envoyait son liv
Water supply of the city of New-York. C'est l'histoire même
tout ce qui a été fait depuis l'origine jusqu'à aujourd'hui p
approvisionner l'*Imperial City* d'eau salubre et abondante. S
auteur était d'autant plus compétent pour l'écrire, qu'il est
des principaux collaborateurs de M. Fteley, étant Ingénieur de
Croton River Division. En cette qualité, M. Wegmann a étudié
exécuté tout l'important système d'aménagement des eaux
Croton. Il en a calculé tous les ouvrages et spécialement le gr
barrage, encore en cours d'exécution, du *New Croton Dam*, qui s
passe en hauteur tout ce qui a été fait jusqu'ici. C'est en pré
rant ce grandiose projet, que M. Wegmann a été amené à étu
et à soumettre à une critique aussi rigoureuse que scientifi

la plupart des barrages en maçonnerie, actuellement existants. Il a consigné le résultat de ce long examen dans un livre intitulé : *Design and construction of masonry Dams* fort apprécié de tous ceux qui ont à s'occuper d'ouvrages de ce genre.

Le rapport de M. Fteley comme le livre de M. Wegmann sont édités avec un grand luxe de planches et de photogravures. Ils sont remplis de renseignements très instructifs et très complets.

Le Bureau de la Société a pensé qu'il convenait de les utiliser pour faire à la Société un exposé de la question de l'eau à New-York, qui pourra peut-être éveiller l'intérêt de ceux qui étudient cette même question dans les grandes villes d'Europe. Il a fait à M. J. Fleury l'honneur de le charger de ce soin.

I

L'île de Manhattan (1), dans laquelle New-York a été fondée et s'est développée, est baignée au sud et à l'est par l'*East River*, qui en dépit de son nom, n'est pas un fleuve mais une sorte de prolongement étranglé du détroit de Long Island *(Long Island Sound)* jusque dans la grande baie où est située New-York. A l'ouest, l'île de Manhattan forme la rive gauche de l'estuaire maritime *de l'Hudson*, soumis jusqu'à une grande distance en amont au jeu alternatif des marées. Enfin, au nord, le *Spuyten Duyvil Creek* et le *Harlem River*, sortes de fiords ou d'arroyos qui établissent une communication entre l'East River et l'Hudson, séparent en même temps l'île de Manhattán de la terre ferme. C'est dans cette île, longue de 21,7 *km*, large en moyenne de 2,5 *km* et d'une superficie totale de 57 km^2, qu'en 1613, le Hollandais Hendrick Christiœnsen, établit un comptoir pour la traite des fourrures, ce fut l'origine de cette grande cité d'un million et demi d'habitants, qui s'appelle aujourd'hui New-York, en souvenir de ce duc d'York auquel le roi Charles II, son frère, avait donné en apanage le vaste territoire enlevé en 1664 aux Hollandais par les Anglais, et qui s'étendait de la rive ouest de la *Connecticut River* au bord est de la baie de la *Delaware*.

Entourée d'eau salée de tous les côtés, l'île de Manhattan ne pouvait non plus, par elle-même, fournir des ressources abondantes en eau potable. Son sol est un gneiss compact, à peu près imperméable, superposé à des roches primitives très peu fissu-

(1) Voir la carte. Planche 183, fig. 1.

rées. Sa surface n'est que légèrement ondulée et ne présen aucun relief géologiquement important. Ce sont là des conditioi peu favorables à l'emmagasinement d'eaux souterraines. Aussi l quelques sources qu'y observèrent les premiers exploratei étaient-elles tout à fait superficielles et ont-elles disparu à pe près complètement avec la luxuriante végétation qui couvra l'île, et qui a dû céder la place aux maisons, aux édifices et au voies publiques de l'envahissante cité.

Ces sources, cependant, ainsi que les étangs qui s'étaient fo més à leurs points d'émergence, furent cependant, pendant lon temps l'unique ressource de la population. Mais le rapide accroi sement de celle-ci eut pour conséquence la pollution progressi des étangs et de la plupart des sources. En 1797, alors qu'il avait dans Manhattan plus de 50 000 habitants, on en était arriv à cette extrémité qu'il n'y avait plus dans toute l'île qu'un seule source dont l'eau fut assez exempte de souillures pour pou voir, sans exciter trop de répugnances, servir encore de boisson Elle était située au nord, en un point qui s'appelle encore *Te Water Garden* (le jardin de l'eau propre à faire le thé). La foul altérée s'écrasait chaque jour au bord de cette petite source, e les auteurs du temps racontent de combien de souffrances, d'o dieuses injustices, de révoltants abus de pouvoir cette extrêm pénurie d'eau fut la cause. Chose surprenante, et bien contrair à ce génie de prompte initiative et d'énergique décision qu'e Europe nous accordons facilement aux Américains, on passa prè de quarante ans en discussions sur le choix des moyens propre à pourvoir New-York d'eau potable en quantité suffisante. Et ce pendant, cette ville, dont pendant près de cinq mois chaque anné le climat est torride et où une goutte d'eau s'obtenait si diffici lement, était si merveilleusement placée pour devenir le centr commercial du grand peuple qui se formait sur le continent amé ricain, que l'immigration, affluant de toutes parts, ne cessait d'en accroître la population.

En 1834, New-York comptait plus de 225 000 habitants, et l'unique ressource du *Tea Water Garden*, on n'avait encore trouv à ajouter que quelques citernes où se conservait, tant bien qu mal, l'eau des pluies d'hiver, et, depuis 1825, quelques puits ar tésiens, forés par J. Disbrow, le premier qui, sur le contine américain, pratiqua l'art des sondages. Ces puits atteignaient de profondeurs variant de 21,336 *m* (70 pieds) à 39,623 *m* (130 pied Ils y rencontraient, dans les fissures du gneiss, des eaux très p

ascendantes qu'il fallait amener à la surface au moyen de pompes à vapeur. Mais, en somme, tout cela ne constituait que des ressources fort insuffisantes en présence de l'accroissement rapide de la population, et la question de l'eau continuait à agiter l'opinion.

S'appuyant sur les succès très relatifs de Disbrow, un mécanicien de réputation, John L. Sullivan, préconisait l'extension des forages artésiens, sans avoir eu la crainte, paraît-il, que, dans une nappe d'aussi peu d'importance, les nouveaux puits ne s'alimentassent aux dépens des anciens.

De Witt Clinton, un vieux colonel de la guerre de l'Indépendance, trouvait — et il avait probablement raison — insuffisante et précaire la ressource des puits artésiens pour une ville dont le développement dépassait toute prévision (1). A la proposition de Sullivan, il opposait celle, déjà formulée avant lui par Canwass White, Benjamin Wright et Cyrus Swan, d'amener à New-York les eaux de l'un des affluents de l'Hudson, le Bronx, le Croton, le Sawmill River, d'autres encore, dont les eaux abondantes et pures arrosaient en toute saison les vallées accidentées qui s'étendent au nord du Harlem River.

Après une lutte fort longue et fort animée de journaux, de pamphlets, de meetings (2), Clinton, plus heureux que ses prédécesseurs, vit son idée triompher. Sa réalisation, cependant, fut loin d'être immédiate.

1 Dans ces dernières années, la *Manhattan Railway C°* a foré dix puits profonds, dans le but d'obtenir l'eau nécessaire à l'alimentation de ses machines. Sept de ces puits n'ont donné aucun résultat. Trois seulement fournissent ensemble à peu près 300 *l* à la minute D'après un renseignement fourni par M. *John Waterhouse*, Ingénieur en chef de la Manhattan Railway C°, le total des profondeurs de ces dix puits serait de 2505,80 *m* (8221 pieds) et le diamètre moyen 0,19 *m* (7 pouces 1/2). Ils auraient coûté 351 750 *f* (67 000 $), ce qui ramènerait le prix du mètre courant à 140,36 *f*. Pour un litre à la minute la dépense est de 1 172,50 *f*. C'est un peu cher.

2 Cette polémique contient de curieux exemples à l'appui de cette vérité que l'homme est souvent incapable d'apprécier le développement et les conséquences futures des faits qui se produisent sous ses yeux. Sullivan trouvait exagéré le projet de Clinton parce que, disait-il en 1834, New-York mettrait plusieurs siècles à avoir un million d'habitants. Le million a été atteint 37 ans après, en 1871. La population de New York est aujourd'hui de près de 1 700 000 habitants. De son côté, Clinton reprochait à Sullivan l'emploi de ces quarante-deux pompes à vapeur qui, disait-il, par leur bruit, leur fumée, leur odeur rendraient la ville insupportable. Il y a aujourd'hui, à New-York, plusieurs milliers d'appareils à vapeur dont personne ne paraît se plaindre.

II

C'est le 7 mai 1834 que le *Common Council* de New-York émit un premier emprunt de 2 500 000 *f*, qui devait être affecté aux travaux d'amenée des eaux du Croton. Une commission de l'eau, *the Water Commission*, fut chargée de l'exécution.

Le *Croton* est un affluent de la rive gauche de l'Hudson, dans lequel il se jette à 3 *km* environ en amont de l'Harlem River Son bassin mesure 53 *km* du nord au sud et 17,7 *km* de l'est à l'ouest. Il a une superficie de 933 km^2 environ. La hauteur de pluie, relevée depuis vingt-cinq ans, est moyennement de 1,228 *m* par an, avec un maximum de 1,612 *m* et un minimum de 0,977 *m*. La chute annuelle moyenne, sur toute la superficie du bassin, est donc de 1 milliard 146 millions de mètres cubes, ce qui représente environ 3 millions de mètres cubes par jour, en moyenne.

Comme le sol est de gneiss compact, à peu près imperméable, les pertes par absorption sont peu importantes. Il n'en est pas de même de celles par évaporation, qui, en été surtout, doivent atteindre un chiffre élevé. Ni l'une ni l'autre n'ont été mesurées. Mais, quelles qu'elles puissent être, le bassin du Croton n'en constitue pas moins une ressource fort abondante, à laquelle on pourra puiser pendant longtemps encore, sans crainte de la trouver inférieure aux besoins.

L'eau du Croton est, d'ailleurs, fraiche et limpide. En 1832, lorsque le colonel Clinton l'examina pour la première fois, elle était très pure, à peu près exempte de matières organiques. La contrée, il est vrai, était alors presque complètement inhabitée.

Les *Water-Commissionners* de 1834 n'y firent d'abord qu'un emprunt partiel. Leur projet ne fut définitivement arrêté et approuvé qu'en 1837. Il consistait dans la création d'une retenue dans le lit du Croton, et la construction d'un aqueduc amenant les eaux de cette retenue jusqu'à New-York. C'est ce qu'on appelle le *Old Croton Aqueduc.*

La retenue fut d'abord constituée au moyen d'un barrage en terre, placé en travers de la rivière à 9,5 *km* en amont de son confluent avec l'Hudson, en un point où la vallée, très étranglée, n'a, d'un versant à l'autre, que 36,57 *m* de large. Mais l'ouvrage n'était pas encore terminé qu'il fut emporté par une violente crue. On décida alors de substituer au barrage en terre un barrage en maçonnerie. On s'aperçut cependant que le fond de cette gorge

troite était occupé par une alluvion fort épaisse et qu'il eût été rès difficile, et surtout très coûteux, avec les moyens dont on lisposait alors, d'atteindre le fond rocheux pour y asseoir la fondation. On y suppléa au moyen d'une fondation artificielle, formée de coffrages en charpente qu'on enfonçait aussi profondément que possible dans le gravier du lit et qu'on remplissait ensuite d'une maçonnerie sèche. On est porté à trouver bien précaire un semblable procédé. Cependant, beaucoup d'ouvrages hydrauliques, en Russie, n'en ont pas d'autres et se maintiennent bien, et le vieux barrage du Croton a lui-même bien tenu jusqu'ici, quoiqu'à bien des indices on s'aperçoive que la fondation est ravinée et rendue, par suite, assez instable. Sur cette fondation, on construisit un épais barrage en maçonnerie de 15,24 *m* de haut au-dessus du fond du lit *(Pl. 183, fig. 2)*.

A l'amont, on y accola un talus en terre avec une inclinaison de 1/5, ce qui semble peu rationnel, le poids de ce talus devant s'ajouter à la poussée de l'eau sur l'ouvrage en maçonnerie. A l'aval, le parement est profilé suivant un arc de circonférence de 16 *m* de rayon, qui se raccorde à la partie inférieure avec une contre-courbe, dont le but est de retenir au pied de la construction une sorte de matelas d'eau propre à amortir le choc de celle qui, en temps de crue, pourrait se déverser par-dessus la crête.

Ce barrage a constitué une réserve qu'on appelle encore aujourd'hui le *Croton lake*, et qui a une superficie de 162 *ha* et une capacité d'environ 2 726 000 m^3 (1).

Sur le côté gauche de ce réservoir s'amorce la conduite ou aqueduc qui en amène les eaux à New-York. Cet aqueduc suit la rive gauche du Croton, presque jusqu'au confluent, devient ensuite à peu près parallèle à l'Hudson, croise, au moyen de ponts qui n'offrent rien de particulier, les deux petites vallées de *Saw-mill River* et de *Tibbit's Brook*, puis l'Harlem River sur un pont de 42 *m* formé de 15 arches demi-circulaires d'un aspect assez artistique.

A 3 *km* au delà, l'aqueduc rencontre la *Manhattan Valley*, brusque dépression de 1 273 *m* de large et de 32 *m* de profondeur. Il franchit cet obstacle au moyen d'un siphon formé de quatre

(1) Bien que le système métrique commence à être employé aux États-Unis, ce sont encore des mesures anglaises qu'emploient MM. Fteley et Wegmann. Même pour les capacités, ils les expriment tantôt en *Imperial gallons* (c'est le gallon anglais), tantôt en *U. S. gallons*. C'est une confusion qui trouble le lecteur et surtout le traducteur. Les deux gallons ont, en effet, des valeurs différentes : l'*Imperial gallon* = 4,626 *l*, l'*U. S. gallon* = 3,786 *l*.

cours de tuyaux en fonte de 0,91 *m* de diamètre. Il aboutit en dans un réservoir à ciel ouvert situé au point haut de l'île Manhattan et d'une capacité de 681 480 m^3. C'est de là que, p une conduite fermée de 0,91 *m*, l'eau se rend au bassin de di tribution de *Murray Hill*, d'une capacité de 90 864 m^3.

L'aqueduc est entièrement construit en maçonnerie, sauf s les ponts, où il est remplacé par deux cours parallèles de tuya en fonte du même diamètre que ceux du siphon de Manhatt Valley. Sa section est de 4,92 m^2 ; elle est tracée au moyen d'ar de circonférence, au ciel et au radier, raccordés par des lign droites sur les côtés (*Pl. 183, fig. 3 et 4*). L'aqueduc repose sur u lit de béton dont l'épaisseur varie, suivant les circonstances du so de 8 à 30 *cm*. Presque toute la longueur, en effet, est placée su le sol ou en tranchée, à l'exception de seize petites portions e tunnel faisant ensemble 2,085 *km*. La longueur totale, depuis l prise dans le Croton lake jusqu'au débouché dans le réservoir d Central Park est de 65 *km* environ. La différence de niveau de deux extrémités est de 14,605 *m*, soit une pente moyenne, pa kilomètre, de 224 *mm*.

Ces ouvrages ont bien tenu, jusqu'ici, sans nécessiter de répa rations exceptionnelles. Ils sont, d'ailleurs l'objet d'une survei lance attentive. L'Ingénieur en chef, en particulier, était ten de parcourir, tous les six mois, l'aqueduc à l'intérieur, dans tout son étendue, et de contrôler ainsi, d'une façon sûre, les rapport de ses subordonnés (1).

III

Lorsque fut décidée, en 1834, la construction de l'ouvrage qu nous venons de décrire sommairement, la population de New York était d'environ 200 000 habitants. On connaissait à ce mo ment beaucoup de villes d'Europe où la consommation était égal ou inférieure à 100 litres (soit environ 22 gallons) par tête et pa

(1) M. Wegmann cite, à ce propos, un fait qui montre qu'on ne saurait prendre tr de précautions pour préserver les maçonneries enterrées de l'action destructive d végétaux. Par respect pour le pittoresque, on avait laissé, sur le trajet de l'aqued quelques très beaux arbres qui s'y trouvaient. A sa seconde visite, l'Ingénieur en ch M. J. Jewis, qui n'avait rien remarqué à la première, constata que, d'une visite à l'au une racine avait pénétré par un joint de la maçonnerie et avait atteint, dans l'intéri de l'aqueduc, une longueur de 24 *m*. Il va sans dire qu'on perdit toute préoccupati esthétique, et que tous les arbres qui avoisinaient l'aqueduc furent impitoyablem déracinés.

jour, et dont les habitants ne semblaient pas désirer davantage. A ce taux, New-York devait se suffire avec 4 400 000 gallons par jour (20 250 m^3). Or les dimensions de l'aqueduc en maçonnerie permettaient un débit journalier de 227 560 m^3, plus de 13 fois plus fort. On pensait donc avoir, dans la construction, fait une large part aux prévisions. Il est vrai que, par un calcul fait dans un esprit tout opposé, on avait à la traversée sur les ponts mis seulement, comme nous l'avons dit plus haut, deux cours de tuyaux de 0,91 *m*, soit une section totale de 1,30 m^2 seulement qui ne pouvait débiter par jour que 30 millions de gallons (138 870 m^3). C'était donc là, en définitive, le maximum de ce qui pouvait arriver en ville.

Or, les travaux ne furent terminés qu'en 1842, et c'est seulement à la fin de l'année que l'eau fut introduite dans l'aqueduc. Le chiffre de la population n'était plus de 200 000 comme en 1834, au moment où furent décidés les travaux; il s'élevait à près de 360 000. Cependant, la consommation ne fut d'abord que de 45 408 m^3 par jour, soit 126 *l* à peu près par habitant, ce qui était certainement très modéré. Mais elle s'accrut bientôt au delà de toute prévision.

Le *Croton Water Board*, qui avait succédé à la *Water Commission*, fit entendre des protestations et des plaintes. Il en vint même, nous dit M. Wegmann, aux supplications (*Warmings*).

Rien n'y fit. La consommation augmenta d'année en année, suivant une progression plus rapide encore que celle de la population. En 1850, sept ans après l'inauguration de l'aqueduc du Croton, les 513 547 habitants de New-York consommaient journellement 151 360 m^3, soit 293 *l* par tête, plus du double de la consommation de 1843.

Comme dans toutes les villes, cette consommation présentait des variations considérables dans le cours d'une journée. A certains jours de la semaine, également, le samedi, en particulier, elle était plus active qu'à d'autres. Aussi, le premier expédient auquel on eut recours fut-il celui d'augmenter le nombre et la capacité des réservoirs où s'emmagasinait l'eau amenée par l'aqueduc. On espérait ainsi que, pendant quelque temps au moins, les 138 870 m^3 débités journellement par l'aqueduc pourraient suffire. Dès 1846, le Croton Water Board en faisait la proposition au Common Council, qui n'y adhérait que six ans après, en 1851, sur les instances du *Croton Aqueduc Department*, organisation qui venait d'être substituée à la précédente. C'est seulement en 1862

que le réservoir supplémentaire de *Central Park* fut mis en servic
Il a une capacité de 3 786 000 m^3, c'est-à-dire qu'il pouvait conten
le débit de quatre semaines de l'aqueduc dans ses conditions pr
mitives.

Mais ces conditions elles-mêmes, la *Water Commission* s'empress
de les améliorer. On commença par supprimer les visites semes
trielles de l'aqueduc, qui obligeaient à suspendre chaque fois pen
dant plusieurs jours l'amenée de l'eau. C'était peu de chose, mai
on en était arrivé à ne négliger aucun supplément de ressources
si mince qu'il fût.

Mais, en outre, dès que la construction du vaste réservoir d
Central-Park fut décidée, il devenait évident que, pour en tire
un bon parti, il fallait pouvoir profiter de tout le débit dont l'a
queduc était capable et, par conséquent, ajouter de nouveaux
cours de tuyaux à ceux qui étaient posés sur le High Bridge et
qui, comme nous l'avons dit, ne débitaient que la moitié des
227 000 m^3 dont l'aqueduc en maçonnerie était capable. Le *Croton
Aqueduc Department* recommanda, dès 1851, cette amélioration au
Common Council; mais cette assemblée, qui paraît avoir apporté
dans toute cette œuvre un empressement au moins médiocre,
n'ouvrit les crédits nécessaires qu'en 1860.

C'est vers cette époque que, pour donner une certaine satisfac-
tion aux demandes des habitants des parties les plus élevées de
la ville, on établit un service *haut* au moyen de refoulements dans
un certain nombre de châteaux d'eau. Ces installations n'offrent
rien de particulièrement remarquable.

Dans toute la période comprise entre 1851 et 1880, les diverses
administrations qui furent chargées d'assurer l'approvisionnement
de New-York en eau potable ne s'en tirèrent qu'au moyen d'ex-
pédients toujours insuffisants. On créa de nouvelles réserves dans
la vallée du Croton, à Boyds-Corner, à Middle-Branch, sur de
petits affluents. On en amenait les eaux dans le *Croton lake*, au
moment de l'étiage et à ceux où se manifestait un excès dans la
consommation. On y jetait également, au moyen d'émissaires ar-
tificiels, l'eau de quelques lacs qui l'avoisinaient. On renforça
comme on put les maçonneries de l'aqueduc; on doubla le
nombre de tuyaux et siphons de Manhattan et ceux de High Bridge,
et on força le débit jusqu'à 440 000 m^3, c'est-à-dire qu'on parvint
à le doubler.

L'approvisionnement fut ainsi assuré, au moins momentané
ment, malgré le rapide accroissement de la population qui, e

.épassait douze cent mille habitants. La consommation .e était à ce moment de près de 350 000 m^3 par jour, soit r habitant; mais elle s'exagérait à certains moments, de appauvrir les approvisionnements de Central-Park d'une ıquiétante.

t par abonnement que l'eau était délivrée aux consomma- ce mode de livraison contribuait à les exciter à cet usage 'e inconsidéré de l'eau, que les hygiénistes ne désap- ıt pas, mais que la langue administrative, à New-York, ailleurs, flétrit du nom de gaspillage. Les mœurs publiques nstitution elle-même s'opposaient d'ailleurs à ces investi- tracassières, assez facilement supportées en d'autres pays, desquelles les agents du Service des eaux new-yorkais .ient à surprendre les particuliers et plus particulièrement industriels en flagrant délit de gaspillage. Ne pouvant ıt surveiller à l'intérieur des domiciles, cette administra- ıgina le *Waterphone*, sorte d'ancêtre rudimentaire du télé- qui, appliqué à la jonction des branchements particuliers conduite publique, percevait et révélait le bruit de l'eau vement. L'administration avait beau d'ailleurs constater ıillages, elle ne pouvait en obtenir la répression devant ınaux, qui considéraient avec persévérance l'abonnement un contrat à forfait.

t seulement en 1882 que les compteurs, dont l'usage avait ıcé à se répandre quelques années auparavant, devinrent ıires dans les hôtels et les établissements industriels, et ınsuite adoptés par un assez grand nombre de proprié- e maisons d'habitation. La taxe en est d'ailleurs modérée, elle n'est que de 10 cents les 100 pieds cubes, soit à peu 185 *f* par 1 000 *l*.

178, il n'y avait que 529 compteurs: en 1894, ils étaient bre de 30,328. Depuis leur emploi on ne peut plus repro- la population son gaspillage. Tout ce qui est consommé é et répond, par conséquent, au moins doit-on le penser, isfaction d'un besoin véritable. Cependant, la consomma- tête loin de diminuer, augmentait, et il devenait de plus difficile d'y satisfaire.

IV

On était, à New-York, à la fin de 1880, dans cette situation: d'une part, on suffisait à peine aux besoins de la population; l'aqueduc débitait tout, et on peut dire au delà de ce qu'il pouvait débiter, et cependant, par-dessus le barrage du *Croton lake*, se déversait, à certains moments de l'année, une épaisse lame d'eau qui se perdait inutile dans les flots salés de l'Hudson maritime. L'Ingénieur en chef de l'aqueduc, M. Isaac Newton, estimait, dans un rapport daté du mois d'avril 1881, que si cette eau perdue pouvait être convenablement emmagasinée, on disposerait, même dans les années les plus sèches, d'un volume journalier d'au moins 750 000 m^3.

La solution du problème de l'eau, à New-York, était donc tout indiquée : d'une part, créer dans la vallée du Croton une réserve d'une capacité suffisante pour retenir toute l'eau de la rivière; de l'autre, construire un nouvel aqueduc de dimensions suffisantes pour débiter, au besoin, le volume d'eau correspondant au maximum de besoins qu'il était raisonnable de prévoir.

Le projet qui fut alors étudié par M. I. Newton, et qui eut pour défenseur un des fonctionnaires les plus considérables de New-York, l'honorable Hubert O. Thompson, Commissaire des travaux publics, comportait, en effet, la transformation de la vallée du Croton en un immense réservoir et le remplacement de l'aqueduc primitif, par un autre de dimensions appropriées aux ressources que fournirait le nouveau réservoir. Pour constituer celui-ci, on projetait l'exécution d'un barrage de très grande hauteur, placé à l'issue de la vallée du Croton, à 7 *km* environ en aval du barrage primitif et à 8 *km* en amont de l'embouchure de la rivière, dans une gorge étroite et resserrée qui porte le nom de *Quaker Bridge*. Le réservoir ainsi formé devait présenter une superficie de 1 471 *ha* et une capacité de 122 millions de mètres cubes. On estimait pouvoir assurer ainsi une consommation journalière de près de 950 000 m^3. On se réservait, d'ailleurs, d'augmenter, dans un avenir plus ou moins lointain, ces ressources déjà fort considérables, en établissant sur les affluents, à l'est du Croton, des barrages supplémentaires, dont les pieds seraient à une altitude supérieure à la crête du barrage du Quaker-Bridge. La rapide déclivité des vallées rendait cette condition relativement facile.

au nouvel aqueduc, il devait être formé d'une galerie
e en maçonnerie de 3,657 *m* (12 pieds) de diamètre,
entièrement en tunnel ; les dépressions de Harlem River
:anhattan Valley devaient être franchies au moyen de
La longueur totale de l'ouvrage depuis la prise d'eau
·ds du barrage projeté du Quaker-Bridge, jusqu'au bassin
›tion de Central-Park serait de 51,321 *m*. Le devis total
à 14 460 640 dollars, soit à peu près 76 millions de francs
pris l'acquisition des terrains. Sur ce total, 4 millions de
21 millions de francs) étaient spécialement affectés au
du Quaker-Bridge.
s à l'examen du Common Council, ces plans furent en
bien accueillis. Une Commission spéciale, dénommée la
ton Aqueduc Commission, fut chargée d'en poursuivre et
veiller l'exécution dont resta chargé le Department of
Vorks. Deux améliorations y furent apportées : le dia-
térieur de l'aqueduc fut fixé à 14 pieds (4,267 *m*), au
.2, et on décida la construction d'un vaste bassin de ré-
ı *Jerome Park*, dans l'*Annexed District*, sorte de faubourg
mençait à se créer en deçà du Manhattan Valley.
·mément à une disposition de la loi de l'État qui en avait
l'exécution, ces projets furent soumis à l'examen du
non pas dans des enquêtes comme les nôtres, où on
surtout des dépositions écrites qu'on se dispense facile-
discuter contradictoirement, mais dans des réunions
:s, de véritables meetings, où les opinions formulées su-
. l'épreuve d'une discussion contradictoire souvent fort
Un grand nombre de ces meetings furent tenus, dans le
les années 1883 et 1884, avec le concours des *Aqueduc*
'onners eux-mêmes. Le projet d'aqueduc, celui des réser-
xiliaires, qui n'étaient encore que très éventuels, ne
as critiqués. Mais celui du barrage de Quaker-Bridge fut
'attaques extrêmement vives — plus ou moins justifiées —
ii étaient appuyées par des personnages importants de
Cette opposition fut telle que les Aqueduc Commissionners
nicipalité elle-même hésitèrent et n'osèrent prendre parti.
eter le projet, on l'ajourna et on se décida à n'entre-
d'abord que le nouvel aqueduc.

V

C'est en 1885 que furent entrepris les travaux de construction du nouvel aqueduc, sous la direction de M. Fteley, devenu alors et resté depuis Ingénieur en chef de l'*Aqueduc Commission.*

En plan, le nouvel aqueduc, laissant l'ancien à gauche (1), suit de très près la rive de l'Hudson, jusqu'au moment où il pénètre dans l'Annexed District. Il y rencontre, à *Mosholee Avenue*, un premier grand réservoir de plus de 7 millions de mètres cubes de capacité. C'est la portion principale, et de beaucoup, de l'aqueduc. Elle mesure 39 167 *m*, entièrement en tunnel, sauf 1 802 *m* en tranchée à ciel ouvert. 346 *m* sont en siphon, avec une section circulaire de 4,343 *m* de diamètre. Dans tout le reste de la longueur, l'eau circule librement dans une galerie maçonnée dite en fer à cheval (*horse-shoe*) dont la section est figurée planche 183, figure 5. La pente uniforme y est de (7/10 de pied par mile) 132 *mm* par kilomètre.

Dans les autres parties de l'aqueduc, les circonstances du sol et des constructions déjà existantes ont obligé à modifier la pente générale. L'aqueduc s'enfonce et se relève, et l'eau y circule sous des pressions variables. Du réservoir de Mosholee Avenue à la *135e Rue*, l'aqueduc se compose d'un tube circulaire en maçonnerie constituant un véritable siphon. Sa section est une circonférence de 3,734 *m*, sauf au passage sous le Harlem River où le diamètre a été réduit à 3,200 *m*, afin d'y accroître la vitesse d'écoulement et d'éviter ainsi les dépôts sédimentaires (voir *Pl. 183, fig. 6*). La longueur développée de cette partie est de 11 172 *m*.

Enfin, à partir de la 135e Rue, l'aqueduc est constitué par des cours de tuyaux de fonte de 1,219 *m* de diamètre. Huit de ces tuyaux vont de la 135e Rue à la 125e (voir *Pl. 184, fig. 1*). Quatre continuent jusqu'au réservoir terminus du Central-Park (voir *Pl. 184, fig. 2*) : les quatre autres sont directement reliés en divers points avec le système de distribution. De la 135e Rue au réservoir du Central-Park, la longueur est de 4 586 *m*. M. Wegmann entre dans des détails minutieux sur la construction de l'aqueduc, le creusement du tunnel, la pose des siphons, la réparation d'assez nombreuses malfaçons dans la maçonnerie. Tout cela ne contient rien de particulièrement notable. Il convient cependant

(1) Voir planche 183, figure 1, le plan et le profil en long du tracé du nouvel aqueduc.

le citer un blindage en fonte (voir *Pl. 184, fig. 3)* employé pour consolider extérieurement l'aqueduc circulaire, dans le trajet de a 148e Rue à la 146e, Les terrains traversés dans cette région sont peu consistants. Par eux-mêmes, ils peuvent exercer, de l'intérieur vers l'extérieur, des pressions anormales sur le tube en maçonnerie. En outre, pour trouver une base de fondation solide, on a dû établir le tube à un niveau assez bas, ce qui accroit sensiblement la pression de l'eau à l'intérieur. Ce sont ces deux considérations qui justifient l'emploi de cette consolidation. Des tuyaux en siphon auraient peut-être suffi et auraient sans doute été plus économiques.

Le développement total de l'aqueduc, depuis la prise d'eau jusqu'au bassin de réception est ainsi de 54 252 *m*. La chute totale est de (33,70 pieds) 10,272 *m*, soit, par kilomètre, 0,187 *m*. Les dimensions des différentes parties de l'aqueduc ont été déterminées en introduisant les données que nous venons d'indiquer dans les formules connues de divers auteurs, tels que Chezy, Kutter, Bazin et le Dr Lamp. Des expériences, exécutées antérieurement dans le Subdary aqueduc de Boston, avaient fourni à M. Fteley l'occasion de vérifier les coefficients numériques adoptés pour l'application de ces diverses formules au cas de l'aqueduc du Croton. Ces calculs ne présentent rien de particulièrement remarquable. On en trouvera le détail, si on le désire, dans l'ouvrage de M. Ed. Wegmann. Ils indiquèrent les débits maxima suivants par vingt-quatre heures :

Formule de	Chezy . . .	318 777 000	U. S. gallons.
—	Kutter . . .	323 257 000	—
—	Bazin. . . .	327 873 000	—
—	Lamp . . .	302 872 000	—

Les jaugeages directs, exécutés après la mise en eau de l'aqueduc, donnèrent 302 467 000 U. S. gallons (1 145 140 m^3) avec ne vitesse d'écoulement par seconde de 3,0625 pieds (0,933 *m*) us une charge de 12,842 pieds (3,914 *m*) dans l'appareil d'émission interposé entre l'origine de l'aqueduc et le réservoir du oton.

L'aqueduc, commencé en 1885, fut terminé en 1890 et mis en u presque aussitôt. Le 24 juin 1891, le Service municipal des avaux publics (*Department of Public Works*) en prenait officiellement livraison. Il avait coûté 15 853 442 $ (83 230 570,50 *f*).

Les principales parties de la conduite proprement dite, revenaient aux prix suivants :

	Le pied.		Le mètre.
La galerie en fer à cheval . . .	104,24 $,	soit :	1 794,30 f
La galerie circulaire	102,60	—	1 766,06
Les tuyaux en fonte (mis en place) .	14,24	—	245,11

VI

C'était beaucoup, assurément, d'avoir ouvert, à l'accès de l'eau, cette large voie dont le débit journalier pouvait dépasser un million de mètres cubes. Mais ce n'était pas tout ; il fallait s'assurer si ce n'est immédiatement la totalité, tout au moins une partie notable du volume d'eau que l'aqueduc était dès lors capable d'apporter à l'*Imperial City*.

L'opposition au barrage du Quaker-Bridge n'avait pas désarmé et les commissaires de l'aqueduc n'osaient toujours pas l'affronter. Comme moyen terme, comme expédient immédiat, et pour gagner du temps, ils s'arrêtèrent à l'idée de constituer tout d'abord certaines de ces réserves dans les parties hautes des affluents du Croton, que le projet primitif n'entrevoyait que comme des éventualités reléguées dans un avenir plus ou moins éloigné.

En 1888, on commença la construction d'un groupe de deux réservoirs, dans la partie est du Croton. Ce sont ceux de *Sodom* et de *Bog Brook* (voir *Pl. 183*, *fig. 1*), dont l'ensemble porte le nom de *East Branch Reservoir*. Deux ans après, en 1890, on en entreprenait deux autres celui du *Titicus River*, et celui du *Carmel*, à l'ouest du cours principal du Croton.

Le réservoir de Sodom fut achevé en juillet 1891, celui de Bog Brook au mois de mars de l'année suivante. Celui du Titicus a été terminé en janvier 1895 et celui du Carmel au commencement de cette année même. Tous quatre sont l'œuvre directe de l'*Aqueduc Commission*. Il faut également citer le réservoir d'*Amalwack*, sur la *Muscoot river*, construit dans la même période par le *Public Works Department*, sans intervention de l'*Aqueduc Commission*.

Ces ouvrages, sans être d'une importance extraordinaire, ont eu des résultats utiles qui sont à l'honneur de ceux qui les ont conçus. Certaines dispositions et certains procédés de construction peuvent motiver quelques observations, peut-être même

s critiques, qui, étant applicables à tous, nous paraissent ir être formulées que lorsque nous aurons fourni sur chaces ouvrages les données techniques essentielles.

don reservoir (1) est formée au moyen d'un ouvrage com- :omprenant :

ι barrage central en maçonnerie (voir *Pl. 184, fig. 4 et 5)* ı travers du lit du cours d'eau et d'une longueur de s (152 *m*). Ce barrage est fondé sur le roc. Sa hauteur ıs de la fondation est de 29,87 *m*. Il est encastré de dans le lit de la rivière. La maçonnerie, à la base, a isseur de 16,154 *m*.

barrage en terre placé le long de la rive et faisant avec dent un angle à peu près droit. Il a une longueur d'en-0 pieds (183 *m*).

continuation du barrage en terre et sur son prolongement ›rsoir en maçonnerie long de 500 pieds (152 *m*) (voir la u déversoir, *Pl. 183, fig. 8*).

›erve ainsi constituée a une superficie de 216 *ha* environ apacité de 18 487 038 m^3. La dépense totale s'est élevée 9,05 $ (2 291 620 *f*) soit 0,12 *f* par mètre cube emma-

dom reservoir est mis en communication au moyen d'un naçonné avec le *Bog Brook reservoir* constitué dans une oisine au moyen de deux barrages en terre, avec revêtemaçonnés (voir *Pl. 183, fig. 7*), le premier placé dans le lit Brook lui-même, l'autre dans une dépression de la crête ge des eaux entre le Bog Brook et un autre petit affluent. s de ces deux ouvrages ont une inclinaison de 2 à 2 1/2 Le premier a une longueur de 408 *m* environ (1 340 pieds) ıd 596 *m* (1 956 pieds). La réserve a une superficie de nviron et une capacité de 15 692 970 m^3. La dépense s'est 330 000 $ (1 732 500 *f*), soit par mètre cube 0,11 *f*.

icus réservoir (voir *Pl. 184, fig. 6 et 7*) plus important que les ıts est établi dans le lit même du *Titicus River*, au moyen rage composite, dont la partie centrale est en maçon-les deux extrémités en remblais de terre. Il a une lontale de 463 *m* dont 163 *m* pour le barrage en maçonnerie is la partie en déversoir. La hauteur de ce barrage au-e sa fondation dépasse 41 *m*. La fondation elle-même est

es emplacements des divers réservoirs, prière de se reporter à la carte (*Pl. 183*,

de 7 *m* à 8 *m* en contre-bas du lit de la rivière. **La largeur en** crête est de 6,30 *m* et de 22,866 *m* à 7 *m* **au-dessus de la fondation.** La réserve couvre un peu plus de **298** *ha* **et offre une capacité** de **27 134 262** *m*³.

Quant au *Carmel reservoir*, plus considérable à son tour que celui du Titicus, il est, comme celui-ci, formé d'un barrage central en maçonnerie, qui n'est en réalité qu'un déversoir (voir la coupe, *Pl. 183, fig. 9*), continué de chaque côté par des barrages en terre. L'ensemble a une longueur de 549 *m* dont 79 *m* seulement pour la partie maçonnée. La crête du barrage est à 16 *m* au-dessus du fond de la rivière. La superficie du réservoir est de plus de 445 *ha* et sa capacité atteint 34 074 000 *m*³.

Les eaux de ces diverses retenues sont amenées, soit par le lit naturel de la rivière, soit par des canalisations spéciales dans le bassin de prise à la tête du nouvel aqueduc.

VII

Ajoutées à ce qui existait antérieurement ces quatre **retenu** et celle d'Ama Walk constituaient pour New-York un **approvisio** nement assuré de plus de 158 millions de mètres cubes **Certain** passages du livre de M. Wegmann et du rapport de **M. Ftel** conduisent à penser que, d'après cet Ingénieur, le 1/250e de l'ap provisionnement est distribuable quotidiennement. **Cette évalu** tion qui doit résulter de la connaissance du régime des **plui** dans la contrée, paraît admissible. D'après cela, **le Service d** eaux de New-York serait actuellement en mesure de **distribu** chaque jour 632 000 *m*³. Or, au recensement de 1894, **New-Yo** comptait 1 710 000 habitants; et depuis assez longtemps **l'accroi** sement annuel de la population est d'environ **50.000 âmes. O** peut donc estimer à 1 810 000 la population de New-York **en 18** L'on aurait donc dès maintenant 349 *l* par tête d'habitant. **Qu** on voit Londres disposer seulement de 120 à 130 *l* et **Paris** 260 *l* (tout compris, eau de source et eau de Seine), **on est po** à trouver satisfaisant le chiffre de New-York.

Ce n'est cependant pas l'avis de ses Ingénieurs qui, **instru** par l'expérience du passé, voudraient dès maintenant **assu** l'avenir, au moins pour une période assez longue. **Cette préoc** pation a peu à peu gagné le public; il y a eu un **revirement d** pinion et l'idée d'un grand barrage, au débouché **même de** vallée du Croton, a enfin conquis les faveurs du **public. Sa co**

uction a enfin été décidée, en 1891, par la Commission de
Aqueduc, sur un très savant rapport que lui présenta M. Fteley,
la suite d'une exploration minutieuse de la vallée. L'exécution
cette fois, suivi de près la décision : les travaux, adjugés le
i août 1892 à un entrepreneur bien connu aux États-Unis,
. James S. Coleman, étaient mis en train le mois suivant. Il y a
gence maintenant d'en finir, car le vieux barrage qui sert en-
re de retenue aux émissions des autres réservoirs, présente,
plus, des indices d'une destruction prochaine.

Les adversaires du Quaker-Bridge ont eu, cependant une cer-
ine satisfaction. Le *New Croton Dam* (c'est le nom officiel du
uveau barrage) sera construit à 2 000 *m* au-dessus de Quaker-
idge, dans un endroit resserré appelé *Cornell' site*, dont les ter-
ins, qu'il a fallu exproprier à grands frais, se sont trouvés avoir
ur propriétaires plusieurs de ceux-là même qui menaient la
mpagne contre l'autre emplacement. D'ailleurs, le projet a pu
e transporté d'un endroit à l'autre, sans subir de modifications
préciables (voir *Pl. 183, fig. 10*). Aujourd'hui, comme primitive-
ent, il consiste en :

1° Un barrage en maçonnerie occupant à peu près le milieu de
vallée, et long d'environ 600 pieds (182,877 *m*);

2° Un long déversoir en maçonnerie, mesurant 100 pieds
14,794 *m*), faisant un angle droit avec le barrage proprement
, à partir de l'extrémité nord de celui-ci;

3° Un barrage en terre avec revêtement maçonné, long de
0 pieds (182,877 *m*), comme le barrage principal dont il est le
olongement vers le sud.

VIII

Le barrage en maçonnerie du *New Croton Dam* aura, de la fon-
tion au sommet, une hauteur de 260 pieds (79,247 *m*), tandis
e le projet de Quaker-Bridge comportait une hauteur de
,69 *m* (1). Le profil est, d'ailleurs, le même, et ainsi sera utilisée
tude si considérable et si consciencieuse faite à ce sujet par
Edward Wegmann et qui forme l'objet de son autre livre :
e *Design and construction of masonry Dams*. La largeur au sommet
ra de 5,486 *m* (18 pieds), surtout en vue d'avoir la largeur né-

1) Voir planche 183, figure 11. C'est le plus haut barrage construit jusqu'ici. Pour s'en
e une idée, on peut se rappeler que le sommet de la coupole du Panthéon est à 79 *m*
essus du pavé de la place.

cessaire à une route qui empruntera la crête du barrage relier les deux versants de la vallée. A la base, la largeu de 56,39 *m* (185 pieds). Fondé sur un roc pratiquement i pressible, le pied du barrage est, en outre, encastré su 23 *m* de haut dans l'alluvion qui remplit le thalweg. La dé totale est estimée 3 650 000 $ (19 162 500 *f*).

M. Edw. Wegmann qui a été chargé de calculer les résis et les dimensions de cet important ouvrage a suivi la méth calcul qu'il appelle lui-même *la méthode française* et qui a ét nitivement fixée dans les mémoires de M. Marius Bouvier (1) le projet du Quaker-Bridge, M. Wegmann a examiné succe ment le cas du réservoir plein et celui du réservoir vide. Il culé pour chaque cas les pressions sur des sections espac 10 pieds en 10 pieds (3,04 *m*), à partir du 33e pied (10,058 dessous du couronnement jusqu'au plan de base.

Les courbes des pressions ainsi déterminées se tiennent t temps dans le tiers médian géométrique, ce qui est la con par excellence de sécurité.

Dans la figure 12, de la planche 183, nous avons représen perposés l'un à l'autre, le profil du *Quaker-Bridge* et celui d rage du *Chartrain*, construit tout récemment sur affluent de la au voisinage de Roanne (2). On remarquera que dans les r comparables, le profil aval du Quaker-Bridge est sensibl en dedans de celui du Chartrain. Il y a donc pour des pre égales une plus grande épaisseur de maçonnerie au Cha qu'au Quaker-Bridge. Cela tient à ce que M. Wegmann a pour la résistance de la maçonnerie à la compression sur c rement un coefficient de 16 *kg* par centimètre carré, tandis Chartrain, qui a cependant été construit en matériaux très tants et avec des soins exceptionnels, les Ingénieurs français pas cru devoir dépasser 11 *kg*. Il y a peut être là une ce hardiesse américaine. M. Wegmann a-t-il senti qu'elle deva expliquée? Toujours est-il que dans une note fort intéres qu'il m'a fait l'honneur de m'adresser il y a peu de temps, voque le précédent d'Almanza (3), où le doyen des barrag

(1) *Observations sur les calculs de résistance des grands barrages en maçonnerie* (.. *des Ponts et Chaussées*, 2e semestre 1875).

(2) Voir le Cinquième Congrès international de navigation intérieure. — Rap M. Marius Bouvier sur *les Réservoirs dans le Midi de la France*, p. 18 et suiv.

(3) Voir Planche 183, figure 13. On n'a pas la date exacte de la construction du d'Almanza. C'est une des grandes œuvres qui témoignent de la civilisation ara l'Espagne méridionale.

maçonnerie supporte depuis trois siècles sur son parement d'aval, sans paraître en souffrir, des pressions qui atteignent ou dépassent peut-être 14 *kg* par centimètre carré. L'exemple n'est peut-être pas absolument démonstratif, en raison du peu de ressemblance du profil d'Almanza avec ceux des barrages modernes. En France, dans les barrages bien faits, on n'a jamais dépassé 12 *kg*, limite qui n'a été atteinte qu'une seule fois au barrage du Ternay.

On ne peut cependant pas affirmer qu'un barrage en maçonnerie, solidement appuyé sur une base incompressible et inaffouillable, construit suivant un profil théorique correct en matériaux lourds et résistants, maçonnés avec très grand soin et avec emploi d'excellent mortier, ne peut, sans danger, supporter des pressions de 14 ou même de 16 *kg* sur son parement aval. Toutes ces conditions paraissent devoir se rencontrer dans la construction du *New Croton Dam*. Elles existent dans les barrages déjà construits des réservoirs secondaires, et nos confrères américains auront eu ainsi le mérite de faire faire un nouveau progrès à cette partie difficile de l'art des constructions.

IX

Je crois devoir, avant de terminer, signaler encore deux autres points, où les Ingénieurs américains se sont affranchis de certaines règles généralement admises en Europe. Tous les barrages du Croton, aussi bien le gigantesque New Croton Dam que les moindres, sont, en plan, absolument rectilignes. Cette disposition est évitée en Europe, où tous les barrages modernes et beaucoup d'anciens présentent en plan une légère courbure vers l'amont.

Il ne s'agit pas, bien entendu, de faire travailler le barrage comme une voûte et de reporter les pressions aux extrémités. La courbure en est trop peu accentuée pour produire un pareil effet. Ils sont généralement tracés suivant un arc de cercle de 100 *m* de rayon, si ce n'est plus, ce qui, pour un développement de 100 *m* ne donne qu'un angle au centre de 14° 20′ et une flèche de 3,28 *m*. On empiète donc très peu sur la capacité du réservoir. Cette disposition, par contre, permet, dans une certaine mesure, au travail de la dilatation de déformer légèrement le barrage sans le briser et d'éviter ainsi jusqu'à un certain point ces fissures qu'on appelle *de température*, et qui préparent, plus ou moins directement, la destruction des ouvrages.

Il est vrai que le développement en longueur des barrages du Croton est peu étendu, même celui du grand barrage du *New Croton*. La pratique de leur accoler à une de leurs extrémités, quelquefois à toutes deux, des barrages en terre, de leur nature compressibles et élastiques peut aussi permettre à la maçonnerie de se dilater et de se contracter avec assez de liberté pour que des fissures aient moins de chance de se produire. Pour moi, je les considère comme inévitables, dans un climat, surtout, aussi extrême que celui de New-York. Mais ce n'est que l'expérience qui pourra nous renseigner à cet égard sur la valeur des dispositions adoptées par les Ingénieurs de l'*Aqueduc Commission*.

Ces barrages en terre, avec, en leur milieu, ce mur vertical, trop faible pour résister à une pression hydraulique un peu forte, et qui, cependant, paraît destiné à arrêter la marche des infiltrations de l'amont vers l'aval ont également un certain besoin de la consécration de l'expérience (voir *Pl. 183*, *fig. 14*). Ces sortes d'ouvrages échappent à toute analyse : c'est empiriquement qu'on en doit déterminer les dimensions et l'incertitude qui en résulte, quant à leur tenue, ne peut être atténuée que par les soins minutieux apportés à leur exécution. Ce n'est donc que dans quelque temps, comme pour les parties en maçonneries, qu'on pourra les apprécier d'une façon définitive.

Des deux ouvrages que j'ai eus sous les yeux, il ressort que les chantiers de construction des diverses parties qui constituent le vaste ensemble du service des eaux à New-York ont été très judicieusement organisés, avec une grande entente du métier, et qu'on a pris toutes précautions pour y éviter les malfaçons. On sent, à chaque détail, l'influence des hommes instruits et expérimentés qui ont conçu et dirigé ces grandes œuvres. Les prix très peu élevés des ouvrages, rapportés à leur capacité sont encore une indication satisfaisante de la façon judicieuse dont on a déterminé leurs emplacements.

Je terminerai en appelant l'attention sur une considération d'un ordre un peu moins technique, mais qui me paraît digne d'être méditée.

Les besoins d'une population en eau potable ne peuvent jamais être exactement prévus; encore moins peuvent-ils être limités par la réglementation administrative.

La municipalité de New-York a mis quelque délai à s'en apercevoir. Mais lorsqu'elle en a eu acquis la conviction, elle a cherché

vec résolution à élever les approvisionnements à la hauteur des esoins. Elle y aura bientôt réussi; quand le grand barrage du ew Croton sera terminé, elle aura à sa disposition 64 milliards e gallons U. S., soit 232 204 000 m^3, ce qui lui permet, d'après es calculs très judicieux de M. Fteley de distribuer journellement 80 millions de gallons U. S., soit un peu plus d'un million de nètres cubes (1 060 080 m^3). Ce serait donc pour la population ctuelle une disponibilité de 552 litres par vingt-quatre heures. es besoins actuels sont ainsi longuement satisfaits, laissant même ne certaine marge pour l'avenir.

Pour arriver à ce résultat, la ville de New-York a dépensé tant our l'approvisionnement que pour la distribution, d'après les omptes relevés par M. Wegmann.

Du 1er janvier 1836 au 1er janvier 1895. . . $	71 719 148,30
Y ajoutant le prix du réservoir du Carmel stimé à	500 000,00
Celui du *New-Croton Reservoir*	3 650 000,00
Et pour divers travaux.	250 000,00
Soit une dépense totale de. . . . . $	76 119 148,30
Ou en francs	399 625 528,58

En nombre rond 400 *f* par mètre cube d'eau distribuée quotiennement.

Ces ressources ont été demandées à des emprunts successifs. est le produit de la taxe de l'eau qui fournit à l'intérêt et à mortissement, en même temps qu'aux dépenses courantes du rvice. Rien de cette recette ne rentre dans la caisse municile. Elle reste tout entière à la disposition des commissions éciales chargées de la gestion du service.

Cette spécialisation de la recette est un des plus grands stimunts des œuvres d'utilité publique. C'est à elle que l'Angleterre les États-Unis doivent de voir se créer, au moment opportun, dans les proportions voulues, tous ces grands organismes inspensables au développement des cités et à la prospérité des uples, ports, voies de communication, services municipaux. me sera peut-être permis de remercier MM. Fteley et Wegmann nous en avoir fourni un intéressant exemple, et de souhaiter 'il soit un jour suivi dans notre pays.

FABRICATION INDUSTRIELLE
DU
CARBURE DE CALCIU
ET DE
L'ACÉTYLÈNE

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE : LE CARBURE DE CALCIUM

DEUXIÈME PARTIE : L'ACÉTYLÈNE

FABRICATION INDUSTRIELLE

DU

CARBURE DE CALCIUM

ET DE

L'ACÉTYLÈNE

PAR

M. Ch. de PERRODIL

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

En 1836, Edmond Davy, cherchant à produire le potassium métallique par la distillation du carbonate de potassium en présence du charbon à une très haute température, remarqua la formation de petites quantités d'un sous-produit noirâtre qui n'était pas le potassium, mais un composé complexe renfermant du potassium et du charbon. Il reconnut que ce produit avait une très grande affinité pour l'oxygène, et qu'en présence de l'eau, il se décomposait en donnant un gaz qu'il regarda comme un nouveau carbure d'hydrogène.

M. Berthelot, à propos de ses belles synthèses des composés organiques, fut amené à reprendre l'étude du même carbure auquel il donna le nom d'acétylène; sa composition, C^2H^2, était relativement à l'acétyle C^2H^3, de Berzélius, la même que celle de l'éthylène C^2H^4, vis-à-vis de l'éthyle C^2H^5; c'est pourquoi il donna à ce gaz le nom d'acétylène. M. Berthelot, en faisant passer un courant de ce gaz sur du sodium chauffé, a obtenu le premier le carbure de sodium défini, décomposable par l'eau. Vers la même époque, dans l'année 1862, le chimiste allemand Wœhler, obtint, le premier, un carbure de calcium amorphe et impur en fondant dans un creuset, à une température élevée, un alliage de calcium et de zinc (alliage Caron) en présence du charbon, en vue de la préparation du métal calcium. Il obtint ainsi un com-

posé qui, en présence de l'eau, dégageait une certaine quanti de gaz contenant de l'acétylène, mais il n'en a donné ni la fo mule, ni la densité. Ce n'est ensuite qu'après un long interval de temps qu'apparaissent de nouveaux travaux sur la préparati des carbures alcalino-terreux et de l'acétylène.

Le 17 octobre 1892, M. L. Maquenne donnait aux *Compt rendus de l'Académie des Sciences* (1) la fabrication du carbure d baryum répondant à la formule BaC^2, en vue de la préparation de l'acétylène; il chauffait à cet effet, dans une bouteille en fer, un mélange de carbonate de baryum, de magnésium en poudre et du charbon de bois; cette bouteille était portée à la haute température du four Perrot. Il constata une réaction énergique qu'il a expliquée par l'équation :

$$BaCO^3 + 3Mg + C = BaC^2 + 3MgO$$

La masse refroidie présentait un aspect amorphe, gris, noirâtre, contenant de la magnésie. Mis en contact avec de l'eau, ce produit donne naissance à de l'acétylène contenant de 6 à 7 0/0 d'hydrogène libre. Le rendement est de 50 *l* par kilogramme. A la fin de sa note du 5 décembre 1892 (2), M. L. Maquenne s'exprimait ainsi : « Je ferai remarquer en terminant que le carbonate de baryum est le seul des composés alcalino-terreux qui puisse se transformer en carbure sous l'action du magnésium; les autres, et surtout le carbonate de calcium, ne sont qu'incomplètement attaqués et donnent alors, quand on les traite par l'eau, un mélange d'hydrogène et d'acétylène, peu riche. »

Le 6 février 1893, M. Travers a publié (3) le procédé de préparation suivant : il mélangeait du chlorure de calcium, du charbon en poudre et du sodium métallique; le tout, chauffé ensemble pendant une demi-heure, lui fournissait après refroidissement une masse d'aspect gris noir contenant environ 16 0/0 de carbure de calcium, du carbone libre, du chlorure et du cyanure de sodium et dégageant de faibles quantités d'acétylène au contact de l'eau. M. Travers a appliqué sa préparation à l'étude des acétylures de mercure dont il a donné une bonne préparation (4).

L'acétylène n'a enfin pu être obtenu pratiquement qu'après les remarquables travaux de M. Moissan.

(1) Tome CXV, p. 558.
(2) *Bulletin de la Société Chimique*, tomes VII et VIII, 3e série, n° 23.
(3) *Proceedings of Chemical Society*. Plimpton and M. W. Travers.
(4) *Journal of the Chemical Society*, 1894, vol. LXV, p. 264.

Le 12 décembre 1892 (1), ce dernier publiait les premières expériences faites avec son four électrique. Dès cette époque, il y indiquait comme possible la réduction de tous les oxydes qui, jusque-là, avaient été réfractaires, ceux d'uranium, de manganèse, de chrome, etc., et il y mentionnait la formation d'un *carbure de calcium non défini* par l'action des vapeurs de calcium sur les électrodes de charbon.

M. Moissan a poursuivi ses recherches en collaboration avec M. L. Bullier, qui prenait le 9 février 1894 un brevet français pour la préparation industrielle du carbure de calcium, et il présentait, le 5 mars 1894, à l'Académie des Sciences, leur nouvelle découverte sous le titre de : *Préparation au four électrique d'un carbure de calcium cristallisé ; propriétés de ce nouveau corps.*

Dans cette communication, la préparation, les propriétés du carbure de calcium et de l'acétylène y sont données pour la première fois.

En même temps que se poursuivaient ces recherches en France, un ingénieur américain, M. Th. L. Willson, de la Caroline du Nord, prenait un brevet en date du 21 février 1893, sur la réduction de l'alumine et de la magnésie par le charbon, et dans son brevet il parle incidemment du carbure de calcium ainsi que du titane métallique, mais sans citer aucune analyse, aucune réaction, sans même écrire le mot d'acétylène.

D'ailleurs, dans cette préparation de divers métaux, qu'il décrit dans ce brevet, M. Th. L. Willson évite la fusion, il insiste très longuement sur la nécessité d'ajouter un excès de charbon pour empêcher la masse de fondre.

Il est donc assez difficile de concevoir, dans ces conditions, la production du carbure de calcium cristallisé et défini, et comme les propriétés du corps ne sont pas données, on se demande si le produit trouvé par M. Th. L. Willson n'était pas simplement un mélange de graphite et de chaux fondue; mélange qui se produit quand on ajoute précisément un excès de charbon.

De plus, je le répète, M. Willson n'a donné aucune analyse, aucune propriété des produits dont il parle dans sa patente américaine. Il ne dit pas s'il existe plusieurs carbures de calcium ou un seul, si son composé se dédouble en présence de l'eau pour donner un gaz quelconque, ce dont il ne s'est même pas aperçu, car il l'aurait évidemment spécifié dans sa patente. Dès lors,

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences.

l'Amérique n'aurait pas attendu les communications de M. Mois de 1894 ni le brevet de M. Bullier, pour voir dans le carbure calcium un précieux agent d'éclairage.

En résumé, la préparation au four électrique du carbure C défini pur et cristallisé, carbure décomposable par l'eau fr avec dégagement d'acétylène, a été obtenue pour la première en France par M. Henri Moissan. M. Bullier en a poursuivi l'ét industrielle, tandis qu'en Amérique M. Willson, quelque te après, donnait à ce produit une grande notoriété et le lançai suite dans la voie des applications.

FOURS ÉLECTRIQUES
ET FABRICATION DU CARBURE DE CALCIUM

Considérations théoriques.

Nous avons vu dans ce qui précède que c'est au four électri que M. Moissan a obtenu le carbure de calcium défini et cri lisé, tel qu'il n'avait pas encore été produit. Ce résultat, et ceux dont le chimiste français a rendu compte dans de nombre notes à l'Académie des Sciences, donnent une telle importan ce moyen d'utilisation de l'électricité que nous croyons deve insister d'une façon un peu particulière.

Les fours électriques, ainsi que le mot semble l'indiquer, vraient être des appareils de réduction, de fusion ou plus gén lement de chauffage par l'électricité. C'est bien, en réalité, appareils dans lesquels l'énergie est transformée en éne thermique que l'on devrait réserver cette appellation. Or malheureusement appliquée à de nombreux appareils où l'éne électrique est *uniquement* transformée en énergie chimique. Ai nous croyons devoir insister sur ce point pour éviter les co sions faites jusqu'à ce jour dans ces transformations d'énergi four électrique.

L'électrochimie ou électrolyse comprend l'ensemble de les phénomènes chimiques résultant de l'action du courant trique.

L'électrométallurgie n'est qu'un chapitre de l'électroch concernant la production des métaux ou de leurs alliages pa procédés électriques; cette industrie qui, il y a quelques an à peine, n'existait que de nom, s'est rapidement développée

puis quelque temps et prend chaque jour une nouvelle importance. Il est donc indispensable de bien classer les divers procédés électrométallurgiques.

Ce classement se fait tout naturellement en analysant avec soin ce qui se passe dans chaque procédé, et en décomposant rigoureusement les diverses transformations d'énergie qui se produisent.

Dans les uns, que nous appellerons *fours électriques électrolytiques*, la base du procédé est la transformation de l'énergie électrique en énergie chimique, pour obtenir des décompositions chimiques électrolytiques, que l'électrolyse se fasse par voie humide ou par voie sèche.

Dans les autres, que nous désignerons sous le nom de *fours électriques électrothermiques*, l'électricité est uniquement utilisée pour produire de la chaleur; c'est la transformation de l'énergie électrique en énergie thermique qui est la base du procédé.

Cette distinction n'avait pu être précisée jusqu'à l'apparition des fours de M. Moissan, dans lesquels l'action calorifique dn courant est nettement séparée de son action électrolytique. Aussi croyons-nous devoir attirer tout particulièrement l'attention sur ce point de l'utilisation de l'électricité pour la production des plus hautes températures connues, cette utilisation des effets thermiques de l'arc électrique étant le point de départ de très intéressants et très nombreux progrès scientifiques et industriels, dont le premier est la fabrication industrielle du carbure de calcium.

On sait qu'avec un courant d'intensité I, la chaleur dans un circuit dont la résistance est R est pendant le temps t :

$$t \times R \times I^2 \times 0,24 \text{ calories.}$$

Nous voyons que la chaleur. dans un circuit de résistance donnée croît avec l'intensité du courant, et n'a pour limite que la température de vaporisation de la substance dont est fait le circuit.

Mais si l'on place les matières que l'on veut mettre en réaction dans l'arc même, il devient difficile de séparer les actions électrolytiques des actions calorifiques du courant, sans compter que la vapeur de carbone et les impuretés des électrodes qui, le plus souvent, sont loin d'être négligeables, interviennent rapidement et compliquent encore les conditions de l'expérience, et d'autant plus que l'on opère souvent sur de petites quantités de matière pendant un temps très court.

C'est ainsi que sont presque tous les fours électriques; soit que le creuset forme l'une des électrodes et que le courant traverse la masse à fondre, soit que l'on place une âme en graphite au milieu des matières à combiner.

Tout autres sont les fours électriques dans lesquels l'énergie électrique n'est utilisée que par sa transformation en énergie thermique. Dans ceux-ci, les matières à traiter sont placées en dehors de l'arc, pour être soumises à la température élevée de ce dernier, ou bien alors, si comme dans le cas du carbure de calcium, le mélange est placé dans l'arc, la fusion du début produit une cavité creuse dans laquelle l'arc jaillit, et la chaleur produite par ce dernier fond les parties à l'entour.

Cette température atteint d'après M. Violle, 3500° environ, température à laquelle se vaporise le charbon des électrodes. Nous avons vu que la chaleur d'un circuit électrique croit avec l'intensité du courant. Il faut bien remarquer que cette formule ne peut servir à calculer la température de l'arc, comme le dit M. Borchers dans son *Traité d'électrométallurgie*, elle indique avant tout la puissance qui apparait entre les deux points d'un circuit sous forme de chaleur et montre que cette chaleur, dans un circuit de résistance R, croît comme le carré de l'intensité.

Quoiqu'il soit difficile d'établir une formule donnant exactement la chaleur de l'arc électrique, l'étude de cet arc, qui doit être considéré comme une étincelle électrique entretenue par la volatilisation du charbon produisant, entre les pointes voisines des électrodes, une atmosphère que la température élevée rend conductrice, montre qu'il n'est pas nécessaire d'une tension très forte pour produire l'arc, mais que l'augmentation de l'intensité du courant augmente la température et le champ d'action de l'arc en produisant une volatilisation plus grande.

C'est, du reste, ce qui résulte des travaux de M. Moissan, qui a mis en évidence la relation qui existe entre la propriété calorifique du courant et son intensité, notamment par ses recherches sur la production du titane.

Nous ne ferons point l'historique des fours électriques; ils sont nombreux, et M. Haubtmann, dans son remarquable mémoire sur l'extraction et l'affinage des métaux par l'électrolyse, mémoire présenté à la Société en avril 1891, a donné tous les principaux types employés jusqu'à cette époque; tous sont des fours électrolytiques, et celui de Cowles est le seul qui rappelle les fours électrothermiques.

Fours électrothermiques (1).

Fours de Siemens.

Un creuset *a* (*fig. 1*), en plombagine, est placé dans un vase métallique, et l'espace *b* qui reste libre est rempli de matière peu conductrice. Le fond perforé reçoit l'électrode positive *c* en charbon dense; le couvercle du creuset, également perforé, reçoit l'électrode négative. Elle est constituée par un cylindre comparativement volumineux de charbon comprimé.

Au moyen d'un ruban de cuivre ou d'un autre corps bon conducteur, l'électrode négative est suspendue à l'extrémité d'un fléau, à l'autre bout duquel se trouve un cylindre creux de fer doux, qui peut se mouvoir au centre d'un solénoïde de 50 ohms de résistance.

Au moyen du contrepoids G, on contre-balançait la force magnétique avec laquelle le cylindre en fer creux est attiré dans le solénoïde, et l'on pouvait ainsi fixer la résistance de l'arc.

Le réglage automatique de ce dernier était, pour Siemens, essentiel aux bons résultats de l'électrofusion; sans cela, la résistance de l'arc aurait diminué rapidement avec l'accroissement de la température de l'atmosphère du creuset, et il se serait développé de la chaleur dans la machine magnéto-électrique.

Siemens, qui n'utilisait pas encore spécialement, comme M. Moissan, la chaleur de l'arc, disait qu'une des conditions essentielles de l'électrofusion, était de constituer le pôle positif de l'arc voltaïque par le métal que l'on veut fondre. Ceci n'est pas nécessaire ; dans le véritable four électrothermique, celui de M. Moissan, qui est, d'ailleurs, le premier four que l'on puisse réellement appeler de ce nom, la substance est exposée à la chaleur de l'arc, en dessous de cet arc, et cela suffit.

Nous citons le four Siemens, parce que c'est le premier et *le seul*, avant Moissan, qui ait surtout utilisé les actions calorifiques de l'arc.

Dans un deuxième four de Siemens (*fig. 2*), les électrodes sont bien horizontales, et la matière placée au-dessous de l'arc, malheureusement ce four n'a jamais reçu la sanction de la pratique.

(1) Voir planche n° 185.

Four Clerc.

On a cité un autre four (1) se rapprochant des fours de M. Moissan. C'est celui de M. L. Clerc. Il se composait d'un bloc de magnésie ou de carbonate de chaux (*fig.* 3) dans lequel était ménagée une cavité, au sein de laquelle jaillissait un arc. Les électrodes E étaient constituées par deux charbons de 20 mm. Dans cet appareil, l'inventeur a volatilisé la silice et la chaux. Il semblait assez curieux et indiquait un réel intérêt que nous avons voulu compléter. Malheureusement les recherches ont été infructueuses, et, en 1880, on ne trouve qu'un brevet n° 134519, pris le 13 janvier par M. J.-L. Clerc, pour un brûleur électrique, ayant pour objet la fixation de l'arc à l'extrémité des charbons au moyen d'un corps réfractaire porté à une haute température, lequel corps réfractaire ajoute son pouvoir éclairant à celui des charbons et de l'arc. Ce brûleur, qui présente dans son genre un certain intérêt, et dont nous donnons le dessin (*fig.* 4), se compose de deux charbons *c* inclinés l'un vers l'autre et poussés, au fur et à mesure de leur usure par un poids ou une colonne liquide. Ils brûlent sur un bloc de matière réfractaire F. L'arc se produit entre les pointes de charbon, échauffe la matière réfractaire, et forme une atmosphère élevée à une très haute température qui retient l'arc vers la pointe des charbons. De plus, la matière réfractaire entre en ignition, et son pouvoir éclairant s'ajoute à celui de l'arc.

Malgré la meilleure bonne volonté, ce brûleur ne peut être confondu avec un four, et, malgré nos recherches, nous n'avons pas trouvé d'autre brevet de M. J.-L. Clerc, ni en 1880, ni de 1881 à juin 1896. Nous ne pouvons donc attacher aucune importance à ce four, qui n'a jamais existé probablement, mais qui, dans tous les cas, n'a jamais été breveté.

Four Moissan.

Le four Moissan (*fig.* 5) se compose de deux briques de chaux bien dressées et appliquées l'une sur l'autre ; la brique inférieure porte une rainure longitudinale recevant les deux électrodes, et au milieu se trouve une cavité servant de creuset.

(1) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens*, avril 1895. Conférence de MM. Ch. Girard et Street.

Cette cavité peut être plus ou moins profonde, et contient une couche de quelques centimètres de la substance sur laquelle doit porter l'action calorifique de l'arc; on peut aussi y installer un petit creuset de charbon renfermant la matière qui doit être calcinée. La brique supérieure est légèrement creusée dans la partie qui se trouve au-dessus de l'arc. La puissance de l'arc fond la surface de la chaux en lui donnant un beau poli; on obtient ainsi un dôme qui réfléchit toute la chaleur sur la petite cavité qui contient le creuset. Les électrodes sont rendues mobiles au moyen de deux supports qui se meuvent sur des madriers.

Dans ce four, la matière n'est pas en contact avec l'arc électrique, c'est-à-dire avec la vapeur de carbone. De plus, c'est un four électrique à réverbère avec électrodes mobiles, point qui a une très grande importance. Ce four a permis de fabriquer le carbure de calcium fondu, pur et cristallisé. En effet, les actions électrolytiques sont complètement éliminées; elles n'interviennent pas dans les réactions, et les impuretés créées de ce fait ne peuvent se produire. La chaleur seule agit, et comme elle est très élevée, elle permet de réaliser des réactions que l'on n'avait pu obtenir jusqu'à ce jour. Ce four a été le point de départ des fours industriels qui ont été créés un peu partout en vue de la préparation du carbure de calcium.

Le collaborateur de M. Moissan, M. L. Bullier, s'inspirant dès le premier jour du four électrothermique de ce dernier, a pu fabriquer un carbure absolument cristallisé et pur, degré de pureté limité à celui de la chaux vive et du charbon employés.

Pour corroborer les faits avancés dans l'historique, nous donnons la vue du four Willson (*fig. 6*) qui n'est qu'une copie de celui de Siemens, dans lequel il cherchait à produire le calcium en évitant la fusion; à cet effet, il ajoutait un excès de charbon. Son carbure était une poudre noire fritée, pulvérulente, très impure; ce n'est que depuis les travaux de M. Moissan qu'il s'est appliqué à ne demander à l'arc que son action calorifique. Nous décrirons plus en détail les fours de Spray.

Fours Bullier pour la préparation industrielle du carbure de calcium.

C'est à Bellegarde, dans l'usine de la Société des carbures métalliques, que ces fours sont en marche.

On fabrique actuellement, dans cette usine, des quantités im-

portantes de carbure, et cette fabrication va prendre un ı nouveau après la construction d'une nouvelle usine où pourra utiliser la force de 5000 *ch*.

Ces fours ont été construits en vue d'obtenir la fusion des tières à température élevée; on pourra aussi y fabriquer des bures de chrome et divers autres composés intéressant la m lurgie du fer et de l'acier. On pourra, dans des fours analog être appelé à faire des traitements métallurgiques ne deman que de très hautes températures.

La figure 7 montre en coupe une série de fours dont le fond tôle, est horizontal et mobile.

Ce système de fours, dont la section est carrée de préfére est constituée par des murs *a* formés de la matière approprié traitement. Dans le cas du carbure de calcium, il faut du ca nate de chaux. Dans un traitement métallurgique, on pou employer la magnésie, cet oxyde étant le seul qui paraisse ductible par la chaleur. On évite alors la formation du carl de calcium.

Le fond, qui peut être en métal, charbon ou toute autre tière conductrice, est articulé autour du point *c*, et mainten place pendant la réaction par un contrepoids *r* et par une meture *d*.

Ce fond est relié avec le pôle négatif d'une source d'électri il constitue un des pôles de l'appareil. Le charbon *e* form second pôle et plonge dans le mélange de chaux et de char

Au début de l'opération, on fait jaillir l'arc en rapprocha charbon *e* du fond : sa chaleur produit la fusion du mélange l'entoure.

Dans ce système de four, il ne faudrait pas croire que se trouve dans la situation ordinaire, et le travail ne se fait p *court circuit;* l'arc jaillit entre l'électrode mobile et le bain fo Au fur et à mesure que la réaction s'opère, il se produit au du charbon une cavité *f* au fond de laquelle se dépose le carl fondu, et, au fur et à mesure que le mélange formant les p de cette cavité entre en réaction, on retire le charbon *e*, e masse de carbure augmente progressivement de volume.

L'alimentation de cette chambre a lieu d'une façon conti au moyen de ses parois qui sont généralement constituées par produits pulvérulents. Cette façon d'opérer permet donc de centrer l'action calorifique de l'arc et d'effectuer les réactions un espace très restreint, en évitant ainsi toute déperditio

chaleur et en utilisant la totalité de la chaleur produite. La matière non entrée en réaction forme donc, par elle-même, comme on le voit, les parois intérieures du four qui se trouvent ainsi constituées par des oxydes mélangés au charbon, et qui sont mauvais conducteurs de la chaleur. En augmentant la section transversale du four, on peut donc y produire un garnissage intérieur très épais de matière non entrée en réaction, ce qui permet d'opérer dans un four dont les parois extérieures ne sont pas nécessairement construites en matériaux réfractaires, mais par une matière quelconque, telle que la fonte.

M. Patin construit ses fours en fonte, comme nous le verrons tout à l'heure.

On se trouve donc dans des conditions spéciales qui sont celles réalisées dans le four de M. Moissan, qui n'est qu'un modèle pratique de laboratoire.

A la fin de l'opération, on rompt le circuit électrique, et le four contient un bloc *g* de carbure. En faisant alors basculer le fond *b*, le bloc *g*, ainsi que la matière qui n'est pas entrée en réaction tombent dans un wagonet *h* pour être transportés dans un tamis où la séparation du CaC^2, de la matière non traitée, a lieu.

Chaque four peut être alimenté par un conduit mobile *i* branché sur un collecteur *k*. De cette façon, dès qu'on a vidé le four, il suffit de refermer le fond, de descendre le charbon, de charger à nouveau et de commencer une nouvelle opération. L'espace entre chaque four peut être rempli par de la magnésie pulvérisée ou de la chaux, ou même du CaO, CO^2 convenablement disposé autour des murs et formant une sorte de revêtement *l*; dans le cas où le fond du four est fixe, la matière traitée qu'il contient peut, après l'opération, être retirée en enlevant une des parois du four.

Dans le deuxième type représenté figure 8, le fond *b*, relié à l'un des pôles de la source (le pôle positif par exemple), est incliné : il est constitué par une plaque en matière conductrice, telle que métal ou charbon. Les murs sont en briques comme précédemment; le couvercle *m* en magnésie, CaO ou $CaOCO^2$, est muni d'orifices *nn* pour permettre l'introduction de la matière à traiter, et livrer passage au charbon *e* comme dans la disposition Willson. Dans ce dispositif, la partie inférieure du four forme une chambre O dans laquelle on place, au préalable, du carbure de calcium sur lequel on amène le charbon *e* au contact lors de la mise en marche. L'appareil est muni d'un trou de coulée qui per-

met d'évacuer le carbure fondu. Des dispositifs spéciaux permettent d'éviter la formation des poussières dans l'atelier de fabrication.

Four Patin.

M. Patin construit un four basé sur tous les principes énoncés précédemment ; il présente une disposition avantageuse (*fig. 9 et 10*).

Comme on peut le voir sur le dessin, l'appareil se compose :

1° D'un magasin avec écluse recevant la matière à traiter ;

2° Le four, proprement dit, placé en dessous, portant les deux électrodes *g* et leur mécanisme d'amenée de courant et d'avancement (*fig. 10*) ;

3° Le cylindre d'extraction, son piston et sa vanne.

La seule partie vraiment intéressante de ce four est le défournement, qui se fait au moyen du piston P et de la vanne V.

Quand le bloc de carbure est formé, ce qu'on reconnaît à l'inspection des ampère-mètres et voltmètres, on descend le piston, on referme la vanne, la fabrication peut alors se continuer, et l'on remonte le piston une fois qu'il a été déchargé.

Fours de Spray.

Ils sont contruits en briques ordinaires (*fig. 11*). La face antérieure est fermée par quatre portes en fer placées l'une au-dessus de l'autre. Les deux portes supérieures restent fermées ordinairement. La cheminée qui sert au dégagement des gaz produits par les réactions, communique avec le four par les carneaux *m*. Le courant électrique pénètre dans le four par son sommet et sa base. L'électrode inférieure est une plaque en fer *a* recouverte par une épaisseur de 20 *cm* de charbon *b* formée par des débris de charbon à lumière électrique, ou un mélange de coke et de goudron. Les câbles *c* amènent l'électricité des dynamos à l'électrode inférieure.

L'électrode supérieure reçoit le courant par les câbles *d*.

Les charbons sont disposés en trois paires placées l'une derrière l'autre ; ils sont entaillés au sommet pour s'adapter dans les mâchoires *f*. Ils sont enveloppés par une feuille de fer *g* qui n'est représentée que sur une des électrodes. Ils forment donc, en réalité, un seul crayon.

Le porte-crayon *f* est vissé à une barre de cuivre *h*, de 7,6

×7,6 *cm* de section, et à laquelle le câble d'amenée du courant est fixée. Cette barre est attachée à une chaîne qui passe sur deux poulies et vient aboutir à une longue vis verticale *i*. Sur cette vis est placé un écrou qui forme le moyeu d'une roue *k*; on peut ainsi faire monter ou descendre les charbons *e*. L'ouvrier qui manœuvre la roue *k* a, devant les yeux, les appareils qui lui indiquent l'intensité et la tension du courant électrique, On le voit, M. Willson n'a fait que modifier industriellement son premier four, en recherchant le bain de fusion qu'il évitait avant, et il a évité de travailler en court circuit.

Four du Niagara.

Aux usines du Niagara, on a encore modifié ce dernier four, et MM. Morohead et de Chalmot ont étudié le type que nous allons décrire (*fig. 12 et 13*).

Le fond du four est remplacé par un chariot en fer *a* qui roule sur des rails, et dans lequel le carbure est formé.

Comme dans les fours Bullier, au fur et à mesure qu'on ajoute du mélange de chaux et de charbon et que le carbure se forme, on élève le charbon supérieur *b*.

Quand le chariot est rempli, les crayons *b* sont complètement soulevés au-dessus de ses bords. Le courant est alors interrompu, et la porte C est ouverte; le chariot peut donc être retiré; il est remplacé par un chariot vide.

Les crayons sont abaissés à nouveau sur le fond du chariot qui reçoit des charges successives du mélange à transformer.

Le fond du chariot est recouvert de 10 à 20 *cm* de charbon. Quand le contenu du chariot a suffisamment refroidi hors du four, ce qui exige de six à douze heures, la caisse est enlevée de la voie par les tourillons et renversée. Son contenu est jeté sur une grille en fer sur laquelle le carbure reste, tandis que tout le poussier non transformé tombe dans une pièce inférieure où il est recueilli pour être traité ultérieurement.

Le mélange de chaux et de coke est introduit par charges successives dans le chariot par les canaux *e* qui ont une largeur égale à celle du chariot. Les tiges *l*, qui portent quatre lames, s'étendent sur toute la largeur des canaux *e*, elles font l'office de distributeurs; elles tournent automatiquement, et plus vite elles tournent, plus grande est la quantité de matière fournie au chariot. Afin de pouvoir tisonner le four automatiquement, le chariot est

attaché à une barre de fer *g* par un couplage en tête du chario cette barre passe à travers le mur postérieur du four et reç un mouvement automatique de va-et-vient dont l'amplitude e d'environ 5 *cm* et la fréquence vingt coups par minute. Le chari roule ainsi en avant, puis en arrière. Chaque fois qu'il s'arrête ou qu'il repart, il reçoit un léger choc qui est suffisant pour évite la formation de bulles par les gaz qui s'échappent à travers la composition. Le mouvement du chariot empêche aussi l'arc électrique de se produire pendant un temps trop long à la même place, ce qui, sans cela, se produit d'ordinaire. On augmenterait ainsi sensiblement l'utilisation de la chaleur de l'arc.

Sous la voie est disposé un cendrier *h*, dans lequel les matières non traitées qui tombent du chariot sont recueillies ; on les retire de temps à autre par la porte *i*. Le porte-charbon est plus compliqué qu'à Spray. On emploie 12 charbons, les mâchoires sont donc deux fois plus lourdes. Il ne serait pas prudent de suspendre ce porte-charbon à une tige en cuivre qui s'échaufferait fortement dans cet espace fermé. Il est donc attaché à une tige *l* qui est composée de trois couches : une intérieure en cuivre (15 × 3,8 *cm*) et deux extérieures en fer (15 × 2,5 *cm*) ; de plus, comme il ne serait pas pratique d'attacher dans le four les douze charbons dans leur enveloppe en fer au porte-charbon, les mâchoires elles-mêmes sont composées de deux pièces, *m* et *n*, qui glissent l'une dans l'autre. L'ensemble des charbons est placé dans la pièce *n* à l'extérieur du four, et le tout est placé dans le chariot *a*. La tige *l* est ensuite abaissée, et les pièces *m* et *n* solidement fixées l'une à l'autre.

Le chariot *a* forme une des électrodes, et est relié aux conducteurs *q* du courant par deux mâchoires *p* ; la mâchoire inférieure est fixe et l'autre peut être soulevée. La porte *t* sert à fermer l'ouverture, une fois tout mis en place.

L'opération commencée, on ferme la porte du four, en laissant ouverte une petite porte *u*, située au sommet de celui-ci, jusqu'à ce que l'oxyde de carbone qui est formé dans la réaction ait remplacé l'air dans le four. Ce point est obtenu lorsque la flamme sort par cette porte : on la ferme à ce moment ; les gaz s'échappent dès lors, par la cheminée *r* placée au niveau supérieur du wagonet. Le porte-charbon et la tige *l* ne sont donc pas dans le courant de gaz chauds. La partie supérieure du four est constamment refroidie par un courant d'air froid appelé de l'extérieur par une cheminée *f* et circulant dans une double enveloppe le long des parois intérieures du four.

Préparation des matières à traiter.

On introduit dans tous ces fours un mélange de 56 parties de chaux contre 36 parties de charbon, plus généralement de coke. Dans ce cas, on doit éviter la cendre autant que possible; les cokes de charbons anglais peuvent servir, car ils n'ont guère que 7 à 8 0/0 de cendres. Le mélange est finement broyé puis porté dans les fours. A la température élevée de l'arc, le mélange fond rapidement et la combinaison s'opère d'après la formule chimique :

$$CaO + C^3 = CaC^2 + CO.$$

On a commis la grave erreur de baser des chiffres industriels, pour la puissance nécessaire à la fabrication d'un kilogramme de carbure de calcium, sur les nombres donnés par M. Moissan.

Ce dernier a fabriqué environ 120 à 150 *g* de carbure au moyen d'un courant de 350 ampères et 70 volts; ceci n'est simplement qu'un résultat de laboratoire et un chiffre qui n'a rien à voir avec la pratique.

De plus, on a publié un travail de M. Bredel sur cette question. Ce ne sont que des considérations théoriques, et la chaleur spécifique de la chaux, ainsi que celle du carbone, n'ont jamais été déterminées à la température de l'arc, qui, elle-même, n'a pas été déterminée exactement.

On ne peut donc pas dire que la chaleur absorbée pour chauffer 24 *g* de carbone à 3 000° égale :

$$\frac{24 \times 3000 \times 0,46}{1000},$$

ni tout ce qui suit.

Il n'y a absolument, jusqu'à présent, que l'expérience qui puisse donner un résultat.

On arrive, dans certaines usines, à produire le kilogramme de carbure avec une force de 5 et 6 *ch*. Nous croyons que l'on peut descendre au-dessous de ce chiffre, et arriver environ à 3,75 *kg* par cheval-heure en vingt-quatre heures.

Il est donc assez difficile d'établir de prime abord le prix de revient du carbure de calcium, les usines qui le fabriquent n'étant pas encore disposées à donner leurs résultats.

Cependant, à l'heure actuelle et au prix de 45 à 50 *f* la tonne, on peut déjà exploiter le nouveau corps en vue de l'éclairage.

Nous donnons, d'ailleurs, à la suite de ce paragraphe termination d'un prix de revient qui permettra de l'établir a mativement suivant les pays.

La Société la plus importante créée en vue d'exploiter bure de calcium est la Société des carbures métalliqu usine est située à Bellegarde-sur-Valserine, dans l'Ai pourra bientôt utiliser une force de 5000 *ch*. Cette Société e les brevets Bullier.

Les Sociétés électrométallurgiques telles que Froges, N sen fabriquent, dans des fours qu'elles ont modifiés, du de calcium sur les données de MM. Moissan et L. Bullier.

A Froges, le carbure de calcium pourrait un jour reveni peu moins de 200 *f* la tonne.

En Allemagne, à Bitterfeld, on exploite les brevets Bulli

Prix de revient du carbure de calcium.

Pour déterminer le prix de revient, nous avons à tenir c

1° Du carbure qui se transforme en oxyde de carbone, dire les 12/64 du poids du carbure de calcium;

2° Du carbone qui se combinera pour former le carbure cium, soit les 24/64 du poids du carbure de calcium, 50,6 de carbone par 100 *kg* de carbure de calcium, ou 60 *kg* de coke en tenant compte des cendres et de l'hu la chaux à réduire, dont le poids sera égal aux 56/64 du carbure de calcium, ou bien en chaux nouvellement cal qualité commerciale supérieure, environ 95 *kg* par 100 bure de calcium.

Le prix de fabrication d'une tonne de carbure de cal blira d'après les éléments suivants :

1° Puissance en chevaux-vapeur électriques, 6400
2° Coke pulvérisé transformé en oxyde de carbor bure de calcium, 600 *kg ;*
3° Chaux fraîchement calcinée réduite en poudre,
4° Frais de transformation de courants ;
5° Prix des électrodes ;
6° Réparation du four ;
7° Main-d'œuvre ;

mballage dans des barils hermétiques et prix des barils;
rix de transport;
Frais de bureau, intérêts sur le matériel, capital d'exploi- redevances, taxes, etc.

dmettant que l'on puisse obtenir une puissance électrique ırché (chutes d'eau), il est possible que le prix le plus bas n puisse obtenir, soit de 79,60 *f* par cheval électrique par de 310 × 24 = 7 440 chevaux-heure.

on ne peut disposer de la puissance d'une chute d'eau, la té de puissance nécessaire obtenue au moyen du charbon ait probablement trois fois plus.

alcul suivant est basé sur l'emploi d'une chute d'eau à de 79,60 *f* et sur une production d'au moins 15 *t* de matière ır. Ce qui exigerait environ une puissance de 4 000 *ch* par 24 heures.

Prix d'une tonne de carbure de calcium.

ıissance électrique	68,33 *f*
oussier de coke, 600 *kg*	10,33
ıaux vive en poudre.	25,70
ais de transformation du courant, 10 0/0. . . .	6,42
de l'énergie électrique et de la matière pre-	110,78 *f*
·parations (comprenant la dépense des électrodes)	13 »
ıin-d'œuvre	5,50
nballage.	3,10
ansport	20 »
de la fabrication et du transport	152,38 *f*
ıis de bureaux, droits de brevets et intérêts des	60,85
TOTAL.	213,23 *f*

PROPRIÉTÉS DU CARBURE DE CALCIUM

Propriétés physiques.

ırbure de calcium se clive avec une très grande facilité et e une cassure nettement cristalline. Ces cristaux ont un mordoré, opaque, brillant. La densité, prise un certain

nombre de fois dans la benzine, à la température de 18°, est 2,22, insoluble dans tous les réactifs : sulfure de carbone, pétrc et benzine.

Propriétés chimiques.

L'hydrogène est sans action, à chaud ou à froid, sur le carbu de calcium. L'azote pur et sec ne réagit pas, même à 1 200°.

Le chlore sec est sans action à froid. A la température de 245° le carbure devient incandescent dans une atmosphère de chlore, il se produit du chlorure de calcium et il reste du charbon, mais le poids de ce corps simple est inférieur au poids du carbone de l'acétylène. Le brome réagit à 350° et la vapeur d'iode décompose ce carbure avec incandescence à 305°.

Le carbure de calcium brûle dans l'oxygène au rouge sombre, en fournissant du carbonate de calcium.

Dans la vapeur de soufre, l'incandescence se produit vers 500° avec formation de sulfure de calcium et de sulfure de carbone: ceci montre qu'il sera possible un jour d'exécuter la désulfuration des fontes; il en est de même avec le phosphore; au rouge sombre, la vapeur de phosphore transforme le carbure en phosphure sans incandescence; il est donc aussi permis de prévoir la possibilité de la déphosphoration des fers et des aciers au moyen de ce composé : je rectifie ici une grosse erreur qui s'est, je crois glissée dans la note dernière sur l'acétylène, où il est dit qu « le fer réagit au rouge sombre ; cette réaction peut être utilisé dans la métallurgie de l'acier, paraît-il ». Ceci est une grave er reur, attendu que, au rouge sombre, et à des températures plu élevées, il y aurait formation d'un alliage de fer carburé et d calcium. Le cuivre rouge pur n'a pas non plus d'action, ou, d moins, ainsi que l'étain, ne paraît pas avoir d'action. Au cor traire, l'antimoine fournit un alliage cristallin renfermant du ca cium.

L'action qui, certainement, est la plus curieuse et en mêm temps la plus intéressante à l'heure actuelle au point de vue i dustriel, est celle que le carbure de calcium présente avec l'ea Si l'on fait passer dans une éprouvette pleine de mercure i fragment de carbure de calcium, et que l'on y ajoute quelqu centimètres cubes d'eau, il se produit un violent dégagement gaz qui ne s'arrête que lorsque tout le carbure est décomposé, il reste dans le liquide de la chaux en suspension.

Ce corps gazeux est l'acétylène pur de Berthelot.

L'acétylène produit dans les appareils construits en vue de l'éclairage, appareils où une grande masse de carbure est mise en contact avec une faible quantité d'eau, la réaction se formant avec dégagement de chaleur, et l'acétylène produit étant soumis, au moment de sa formation à cette action, il y a polymérisation, formation de benzols, et le gaz est accompagné d'une odeur infecte; nous reviendrons là-dessus quand nous traiterons la question de l'acétylène.

La vapeur d'eau au rouge sombre réagit sur le carbure de calcium; la réaction se produit avec une énergie beaucoup plus faible. Le carbure ne tarde pas, en effet, à se recouvrir d'une couche de charbon et de carbonate qui limite l'action de la vapeur d'eau, et le dégagement gazeux formé en grande partie d'hydrogène et d'acétylène est beaucoup moins rapide.

Les actions avec les acides présentent peu d'intérêt : je ne m'y arrêterai pas.

Une réaction intéressante est la suivante : dans un flacon contenant de l'eau froide, bien saturée de chlore, on laisse tomber quelques fragments de carbure de calcium. Il se dégage aussitôt quelques gouttes d'acétylène qui prennent feu au contact du chlore, en même temps qu'on perçoit nettement l'odeur des chlorures de carbone.

Voici quels sont les chiffres de dosage du carbone et du calcium dans le composé cristallisé :

Calcium.	62,7	62,1	61,7	62 »	62,5
Carbone.	37,3	37,8	»	»	37,5

Les derniers chiffres sont ceux indiqués par la théorie.

Au point de vue géologique, la découverte du carbure de calcium et des carbures en général présente un très grand intérêt. Il est fort admissible que, dans les premières périodes géologiques, le carbone ne pouvait exister à l'état libre; celui du règne végétal, ainsi que celui du règne animal, a dû entrer en combinaison avec les différents métaux tels que calcium, sodium, baryum, lithium, etc.; le calcium qui existe un peu partout, qui est diffusé dans tous les terrains de formation, récente ou ancienne, la facilité de décomposition de son carbure dans l'eau, peuvent faire croire qu'il a joué un rôle très important dans cette immobilisation du carbone sous forme de composé métallique. On pourrait de même expliquer la formation de certains pétroles

depuis l'étude plus complète des carbures de certains mé
gageant avec l'eau des carbures liquides (1).

1 *kg* de carbure de calcium dégage théoriquement 348
acétylène; en réalité, il en donne 340; on trouve évid
quelques différences, et l'on arrive même à des rendem
peuvent s'abaisser à 275 *l*, mais ceci est parfaitement ex

Dans la masselotte de carbure qui se forme dans le fo
une partie, celle qui est le plus près de la matière non e
réaction, qui n'est pas aussi riche en carbure, et il s'
mélangés du charbon et de la chaux à l'état libre ; mais il
suit pas pour cela que ces morceaux de carbure donnent
puretés dans le gaz acétylène, le carbone libre et la ch
n'ayant jamais donné de réaction dans l'eau.

D'ailleurs, cette couche moins riche est très faible, et le
tillons sont presque tous au rendement de 340.

DEUXIÈME PARTIE

LE GAZ ACÉTYLÈNE

Avant la découverte du carbure de calcium pur et c
l'acétylène n'était considéré que comme un produit d
toire, et sa préparation était longue et pénible.

C'est à M. Berthelot que l'on doit les plus précieux
ments sur les propriétés de cet important carbure. Il e
la synthèse, il a établi la formation universelle de
sous l'influence de la chaleur, de la combustion incon
l'électricité, mises en œuvre sous diverses formes; il
ses relations avec l'éthylène et le formène; il a reco
cétylène est formé depuis ses éléments, avec une abs
sidérable de chaleur, et qu'il joue le rôle d'un radi
véritable. C'est ainsi qu'il a réalisé, au moyen de l
de l'hydrogène libres la synthèse de l'éthylène, celle
et celle du formène; au moyen de l'acétylène et
la synthèse des acides acétique, glycolique et
moyen de l'acétylène et de l'azote libre, par conden
binaison avec d'autres carbures, la synthèse de

(1) M. Moissan, *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences.

styrolène, de la naphtaline, de l'anthracène et des carbures pyrogénés en général.

Beaucoup de personnes ont déjà étudié la possibilité de fabriquer de l'alcool et du sucre en partant du carbure de calcium; il est reconnu que pour trouver une rémunération dans ces fabrications, il faudrait que le prix du carbure tombât au-dessous de 200 *f* la tonne; je ne m'arrêterai donc pas là-dessus, quitte à y revenir plus tard, lorsque la question présentera plus d'intérêt.

MM. Berthelot et Jungfleisch se servaient autrefois, pour la fabrication de l'acétylène, de la combustion incomplète du gaz d'éclairage.

Ces messieurs avaient remarqué que dans toute combustion incomplète, dans toute flamme émettant du noir de fumée, il y a production d'acétylène.

Dans une cuisine chauffée au gaz, il arrive souvent que l'on ressente une odeur d'ail particulière : cela provient d'une combustion incomplète des fourneaux; les becs Auer présentent quelquefois le même phénomène.

Du reste, dans toute flamme de gaz ordinaire, dès qu'il y a du charbon en suspension, il y a combustion incomplète et, par conséquent, production d'acétylène.

L'acétylène est un gaz incolore, doué d'une odeur empyreumatique vaguement alliacée quand il est pur et sec, doué, au contraire, d'une odeur fétide et désagréable quand on le produit à chaud et qu'il est humide ; son odeur rappelle alors celle des benzols et des huiles lourdes ; il est soluble dans l'eau.

Sa densité est 0,92. On peut le liquéfier très facilement à une pression de 38,5 *atm* à la température ordinaire.

Températures en degrés centigrades	Pression en atmosphères
1°,6	21,5
9°,5	27
14°,1	29
19°,5	34,5
27°,6	38,5
36°,5	48
47°	68

Liquéfaction de l'acétylène.

Sa liquéfaction ressemble fortement à celle de l'acide carb
nique, et il est évident que l'on pourrait s'en servir sous cette forn
si à cet état il ne présentait de sérieux dangers et ne demanda
un maniement extrêmement délicat. L'explosion arrivée le 17 oc
tobre, rue Championnet, explosion produite par une bonbonne
d'acétylène liquéfié le prouve suffisamment. Dans tous les cas, à
l'heure actuelle, le prix de l'acétylène liquide ne peut lutter
avec aucun autre mode d'éclairage. Il est cependant bon d'ajouter
que si l'on donne à ce gaz la propriété d'être 44 fois plus éclairant
que le gaz ordinaire, comme M. Pictet le prétend, on peut, dans
ces conditions, arriver sur le papier à de très grandes économies.

Combustion de l'acétylène.

L'acétylène brûle au contact de l'air avec une flamme éclairante, mais fuligineuse, en donnant de l'eau, de l'acide carbonique; 2 volumes d'acétylène donnent, avec 5 volumes d'oxygène 1 volume de vapeur d'eau et 2 volumes d'acide carbonique :

$$C^2H^2 + 5O = H^2O + 2CO^2.$$

La quantité de chaleur dégagée est égale à 318 calories.

Mais, en brûlant, il restitue aussi les calories qu'il a absorbée par endothermie, soit 55 calories. On obtient ainsi pour le kilo gramme 12 500 calories ; pour le mètre cube, 14 000. Des résul tats faits à la bombe Mahler ont donné une moyenne de 1402 calories.

Le mètre cube de gaz d'éclairage a une chaleur de combustic de 5 500 calories ; il ne faut donc pas encore chercher le chauffa économique au moyen du gaz acétylène ; peut-être, un jour, pou ra-t-on l'employer à l'automobilisme ; à l'heure actuelle, les m teurs ne donnent pas de résultats bien satisfaisants ; cependa des travaux se poursuivent dans ce sens et il se peut qu'al nous puissions donner quelques renseignements à la Soci sur ce sujet.

M. Ravel a entrepris des expériences sur la force motrice l'acétylène et, d'après les observations de M. Lechatelier qui, d

dans une note présentée par M. Daubrée, a montré que le gaz présentait :

1° Une grande vitesse de propagation de la flamme ;
2° Température très basse d'inflammation ;
3° Température très élevée de la combustion ;
4° Énergie extraordinaire de l'explosion,

a essayé un moteur de son système avec compression variable et allumage électrique ; il a constaté des effets brisants très marqués ; il a vu que le travail indiqué décroît avec la proportion d'acétylène ; la chute de pression est immédiate, l'expansion n'est pas soutenue. Enfin, il a pu montrer que la puissance de l'acétylène serait cependant 2,1/10 fois celle du gaz de houille, ce qui correspond bien à sa chaleur de combustion.

Combustion complète de l'acétylène. — Produits de la combustion.

Pour obtenir la combustion complète, il faut brûler l'acétylène par une fente mince, ou par des trous d'un très faible diamètre comme dans les Manchester, il a été prouvé ainsi que cette combustion est complète.

M. Gréhant a montré de même que les produits de combustion d'un bec Manchester ne renferment pas la moindre trace de gaz combustible contenant du carbone.

Combustion incomplète de l'acétylène. — Formation de l'oxyde de carbone. — Comparaison avec les produits de combustion incomplète du gaz de houille.

M. Gréhant a donné le résultat de ses très intéressantes expériences ; il conclut en disant qu'il faut bien se garder dans l'emploi du gaz acétylène comme du gaz d'éclairage pour le chauffage, de faire usage d'appareils défectueux dans lesquels une combustion incomplète dégagerait une grande quantité très dangereuse d'oxyde de carbone.

Dangers de l'acétylène.

EXPLOSIVITÉ EN TANT QUE GAZ.
EXPLOSIVITÉ EN MÉLANGE TONNANT AVEC L'AIR.

Expériences de MM. Berthelot et Vieille.

D'une façon générale, d'après les conclusions que ces messi ont tirées de leurs remarquables expériences, l'acétylène para reproduire des propriétés analogues à celle des gaz tonnants, seulement lorsqu'il se trouve à une pression égale ou supéri à 2 *atm.*

Dans ces conditions, il s'allume par l'effet d'un simple poi ignition, comme celui d'un fil rougi par un courant électriq produit alors, dans la bombe d'expérience où se trouve l'a lène comprimé, des pressions de l'ordre décuple de cell début.

Dans l'acétylène liquide, le même mécanisme amènerait pressions qu'il est encore possible d'évaluer, mais auxq aucun récipient, bonbonnes d'acier nickelé, chromé ou autr pourrait résister, 5 000 et 6 000 *kg.*

Tous ces phénomènes, nous le répétons, sont absolument logues à ceux que l'on reproduit avec les gaz tonnants.

MM. Berthelot et Vieille ont cherché les conditions qui pouv amener ces brusques décompositions.

On a d'abord essayé l'acétylène gazeux à 10 *atm.*

Il est intéressant de noter ces expériences au point de vı l'éclairage des voitures de chemins de fer dans lesquelles l est comprimé à cette pression.

Une bonbonne a été exposée au choc d'un mouton de 2 tombant de 6 *m* de hauteur; il y a eu écrasement et si échauffement (l'expérience a été répétée jusqu'à l'aplatisse et au fissurage de la bonbonne). Une balle a été lancée et a foré la bonbonne, avec légère déformation du côté opposé, l s'est simplement échappé.

Enfin, l'acétylène liquide a été essayé au choc du mout 240 *kg*; il y a eu écrasement de la bouteille, puis déchiru une faible explosion : on a vu sortir du puits d'expérience flamme abondante, mais elle provenait simplement des celles produites par le déchirement, et du mélange tonnant et d'acétylène formé au moment de la déchirure et enflan

S'il y avait eu explosion, la bouteille eût été déchirée et déchiquetée complètement.

Il est bien certain que dans le cas de chocs d'une violence extrême pouvant amener le déchirement et produisant des étincelles, il peut se former des mélanges tonnants qui donneront lieu à de violentes détonations. C'est, d'ailleurs, ce qui s'est produit à Chalais du fait du choc reçu par une bouteille d'hydrogène comprimé à une centaine d'atmosphères.

En ce qui concerne le *choc*, on peut donc affirmer qu'il ne reproduit pas les conditions amenant la brusque décomposition et les élévations brusques de pression, pouvant amener la rupture les récipients dans lesquels l'acétylène est renfermé. Il y aurait ieu de porter son attention sur deux autres causes; on a remarqué que dans les détendeurs d'acide carbonique liquide, il s'était produit des décompositions brusques, amenées par des phénomènes de compression adiabatique permettant, par l'élévation le la température produite de ce fait, la propagation de l'onde explosive.

Enfin, la chaleur amenée par la réaction de l'eau sur le carbure, surtout si l'appareil employé est en communication directe avec un réservoir d'acétylène comprimé, pourrait amener des phénomènes de décomposition brusque, et d'élévation de pression le l'ordre de celles dont nous avons parlé plus haut.

Il est possible que, dans l'expérience fondamentale que M. R. Pictet a faite au début de ses études sur l'acétylène, expérience de laquelle il a conclu aux dangers de l'acétylène impur, un phénomène de l'ordre de ceux dont il vient d'être question se soit produit. Ayant voulu liquéfier de l'acétylène sous son propre dégagement, en laissant tomber de l'eau sur du carbure du calcium, et ayant noté la température et la pression, on lit à la page 25 de son ouvrage sur *l'Acétylène :* « Subitement nous voyons les manomètres donner une violente oscillation qui les mène tout près de 300 *atm*, et un choc profond, sourd, indéfinissable, nous arrive par les pieds du sol du laboratoire. »

Puis il constate la décomposition de l'acétylène en ses deux éléments.

Nous sommes peut-être, je le répète, en présence d'un phénomène de décomposition brusque de la masse liquide, provoquée par la chaleur de réaction du carbure de calcium sur l'eau. Nous reviendrons, d'ailleurs, sur les idées de M. Pictet au sujet de l'acétylène pur.

depuis l'étude plus complète des carbures de certains métaux d gageant avec l'eau des carbures liquides (1).

1 *kg* de carbure de calcium dégage théoriquement 348 *l* de g acétylène; en réalité, il en donne 340; on trouve évidemme quelques différences, et l'on arrive même à des rendements qı peuvent s'abaisser à 275 *l*, mais ceci est parfaitement explicable

Dans la masselotte de carbure qui se forme dans le four, il y une partie, celle qui est le plus près de la matière non entrée en réaction, qui n'est pas aussi riche en carbure, et il s'y trouve mélangés du charbon et de la chaux à l'état libre ; mais il ne s'en suit pas pour cela que ces morceaux de carbure donnent des impuretés dans le gaz acétylène, le carbone libre et la chaux libre n'ayant jamais donné de réaction dans l'eau.

D'ailleurs, cette couche moins riche est très faible, et les échantillons sont presque tous au rendement de 340.

DEUXIÈME PARTIE

LE GAZ ACÉTYLÈNE

Avant la découverte du carbure de calcium pur et cristallisé l'acétylène n'était considéré que comme un produit de laboratoire, et sa préparation était longue et pénible.

C'est à M. Berthelot que l'on doit les plus précieux renseignements sur les propriétés de cet important carbure. Il en a réalisé la synthèse, il a établi la formation universelle de l'acétylène sous l'influence de la chaleur, de la combustion incomplète et de l'électricité, mises en œuvre sous diverses formes; il a démontré ses relations avec l'éthylène et le formène; il a reconnu que l'acétylène est formé depuis ses éléments, avec une absorption considérable de chaleur, et qu'il joue le rôle d'un radical composé véritable. C'est ainsi qu'il a réalisé, au moyen de l'acétylène et de l'hydrogène libres la synthèse de l'éthylène, celle du diméthyle et celle du formène; au moyen de l'acétylène et de l'oxygène, la synthèse des acides acétique, glycolique et oxalique; au moyen de l'acétylène et de l'azote libre, par condensation ou combinaison avec d'autres carbures, la synthèse de la benzine, du

(1) M. Moissan, *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences.

ıe, de la naphtaline, de l'anthracène et des carbures pyro-
n général.
:oup de personnes out déjà étudié la possibilité de fabri-
l'alcool et du sucre en partant du carbure de calcium;
connu que pour trouver une rémunération dans ces fabri-
il faudrait que le prix du carbure tombât au-dessous de
tonne; je ne m'arrêterai donc pas là-dessus, quitte à y
plus tard, lorsque la question présentera plus d'intérêt.
Berthelot et Jungfleisch se servaient autrefois, pour la fabri-
de l'acétylène, de la combustion incomplète du gaz
age.
nessieurs avaient remarqué que dans toute combustion
lète, dans toute flamme émettant du noir de fumée, il y
ction d'acétylène.
une cuisine chauffée au gaz, il arrive souvent que l'on
e une odeur d'ail particulière : cela provient d'une com-
incomplète des fourneaux; les becs Auer présentent quel-
le même phénomène.
este, dans toute flamme de gaz ordinaire, dès qu'il y a du
ı en suspension, il y a combustion incomplète et, par con-
, production d'acétylène.
tylène est un gaz incolore, doué d'une odeur empyreuma-
aguement alliacée quand il est pur et sec, doué, au con-
d'une odeur fétide et désagréable quand on le produit à
et qu'il est humide ; son odeur rappelle alors celle des
et des huiles lourdes; il est soluble dans l'eau.
nsité est 0,92. On peut le liquéfier très facilement à une
ı de 38,5 *atm* à la température ordinaire.

Températures en degrés centigrades	Pression en atmosphères
1°,6	21,5
9°,5	27
14°,1	29
19°,5	34,5
27°,6	38,5
36°,5	48
47°	68

explosions. Ils sont défectueux, parce que, en effet, l'acéty
formé à la haute température de la réaction, se polymérise
entraîne, dans la vapeur d'eau qui l'accompagne, de l'acide s
hydrique, en très petite quantité, il est vrai, un peu d'arsén
et de phosphure d'hydrogène, et aussi du gaz ammoniac. C'es
dernier gaz qui épouvante M. Pictet. « Il forme, dit-il, ave
cuivre et l'acétylène, de l'acétylure de cuivre explosif qui,
la chaleur et le choc, détone violemment. » Ceci est presque ex
Et d'abord, il manque la partie principale de la formation
l'acétylure de cuivre, c'est-à-dire un sous-sel de cuivre, tel
le sous-chlorure de cuivre.

Ensuite, la formation de cet explosif redoutable est lente
difficile : il faut faire passer très longtemps un courant d'acé
lène dans une dissolution de sous-chlorure de cuivre ammonia
pour l'obtenir.

De plus, il ne détone que sec ou seulement sous l'influence
la chaleur ; enfin sa détonation est assez faible.

J'ajouterai, pour terminer, que les impuretés : gaz ammon
hydrogène sulfuré, phosphoré, arsénié, s'il y en a, ce qui n'ar
pas avec tous les carbures, sont généralement en dissolution d
la vapeur d'eau, quand on fabrique le gaz au moyen de l'
tombant sur le carbure, et que, si, comme l'a indiqué M. Mois
bien avant M. Pictet, on a soin de faire tomber le carbure d
l'eau et de faire passer le gaz dans le chlorure de calcium, g
cérine et oxyde de fer, l'acétylène ainsi obtenu est *chimiquem*
pur, et il donne une clarté qui n'est nullement inférieure à c
de l'acétylène obtenu par les procédés Pictet, et cette clart
été déterminée par M. Violle et d'autres expérimentateurs.

Il faudrait enfin un long chapitre pour relever certaines erre
provenant du manque de connaissance des travaux de M. Moiss
erreurs que l'on rencontre un peu partout et, ce qu'il y a de p
étonnant, chez M. Pictet lui-même. On lit, page 33 (1), à la fal
cation du carbure de calcium : « Le courant électrique agit
les recouvrements intérieurs du fourneau et les fonds, ce
nous donne l'étonnante surprise de trouver des morceaux de b
reaux de grille dans les caisses de carbure venant des fabriques
Il faudrait ajouter « d'Amérique ».

En effet, le carbure fabriqué par électrolyse, c'est-à-dire da
des fours à aluminium, est tout ce qu'il y a de plus impur,

(1) *L'Acétylène*, R. Pictet.

électrolytiques étant la dominante de cette fabrication, et de fusion étant évité.

ɜrminant, nous dirons que la fabrication actuelle du carɜ calcium, telle qu'elle se pratique à Bellegarde, suivant les es énoncés par M. Moissan et son collaborateur M. Bullier, un produit pur et cristallisé, le gaz acétylène obtenu par ɜt pur aussi. S'il vient à se glisser quelques millièmes d'im- s dans le gaz, on les élimine complètement par sa dessic- à la sortie des gazomètres. Une bonne mesure de précau- t de le faire passer dans l'oxyde de fer pour éliminer la quantité d'acide sulfhydrique qu'il pourrait y avoir.

tenant, en ce qui concerne l'épuration préconisée par ul Pictet, chlorure de calcium et acide sulfurique à — 22°, on basée sur la méthode générale des températures cri- méthode imaginée par MM. Mareska et Donny, il suffit de qui va suivre pour avoir quelques doutes sur ce mode d'é- n. On lit, en effet, dans un mémoire de ces savants aux 30 et 31 ce qui suit (1) :

férentes substances, qui, à la température ordinaire de l'at- ère, sont liquides, ont été placées dans le bain froid (acide ique solide, page 20 du mémoire); quelques-unes ont donné les remarques que nous croyons dignes de fixer l'attention.

ılcool de 0,8084 de densité, ou à 97° de l'alcoomètre cen- , ne s'est pas solidifié complètement; mais à — 80° centi- , il est devenu assez visqueux pour ne plus couler. Selon ll, l'alcool de 0,798 acquiert la consistance de cire à — 146° heit.

élaïne n'est pas devenue entièrement dure. L'éther, l'huile hte, perdent de leur fluidité sans changer d'état.

sulfide carbonique (2) ne passe pas non plus à l'état so- uel que soit le froid auquel on l'expose.

acide nitrique de 1,5 de densité se congèle en une masse line blanche vers — 50°.

'*acide chlorhydrique* très concentré prend la consistance de sans affecter aucune forme cristalline visible. A cette basse rature, *il cesse de rougir le papier de tournesol, et ne produit aucune réaction chimique.*

acide sulfurique monohydraté pur, comme l'on sait, cristallise 34°. Mais il n'en est plus de même lorsqu'on y ajoute de

(1) Tome XVIII, *Mémoire des Savants étrangers*, 1845.
(2) Sulfure de carbone.

l'eau, de manière à réduire sa densité à 1,829 à 14° centigr
L'acide ainsi dilué ne se solidifie plus entièrement, même p
plus grand froid. Il reste pâteux, on peut y faire pénétrer
effort un fil métallique et il mouille encore les corps.

» L'*acide sulfurique, dans cet état, ne rougit plus le tournesol: réagit plus sur les alcalis*, sur *les carbonates*, sur *l'iodure potassiq* même sur le chlorate potassique.

» Le chlore et l'ammoniaque n'ont point perdu à — 80° culté de réagir chimiquement l'un sur l'autre. *Il ne faudrait en conclure que ce que nous avons observé pour l'acide sulfurique et hydrique ne fut point l'effet d'une loi générale; il en résulterait ment que les effets se manifesteraient pour les différentes substan des degrés de froid différents.* »

Il n'est donc pas très étonnant, après ce qu'on vient de que nous doutions un peu du procédé d'épuration de M. R. P

ÉCLAIRAGE PAR LE GAZ ACÉTYLÈNE

C'est à M. Bullier que revient l'honneur d'avoir, le prem utilisé la flamme de l'acétylène. Le jour où la découverte du bure de calcium industriel venait d'être réalisée, une qua innombrable de personnes se sont imaginé que la question résolue et l'on se figurait déjà que les Compagnies de g d'électricité avaient vu le jour. Tout autre est la question.

Il ne faut pas oublier que le gaz de houille, après avoir été longtemps stationnaire, a pris tout d'un coup un essor nouv après la découverte du docteur Auer; que l'électricité n'a encore dit son dernier mot, qu'enfin l'éclairage à l'acétylène pas tout à fait mûr et côtoie encore un peu le laboratoire.

La flamme des hydrocarbures éclairants présente trois z bien distinctes : la première zone bleue, près du bec ; une s au-dessus, jaune et éclairante ; une troisième de combu complète et non éclairante. L'acétylène prenant naissance la combustion incomplète des hydrocarbures, toutes les flam d'hydrocarbures dans lesquelles la combustion est toujours inc plète, contiennent de l'acétylène dans cette première zone acétylène se décomposant brusquement à la naissance d deuxième zone, les particules de carbone sont rendues in descentes, puis viennent brûler complètement dans la troisi zone. On doit cependant dire ceci avec Berthelot : les gaz, co

les autres corps, ne deviennent lumineux que s'ils sont portés à une *température suffisamment élevée*. Mais cette condition n'est pas seule nécessaire; les gaz qui ne renferment aucune particule solide, tels que l'hydrogène, peuvent développer par leur combustion, une température excessive capable, par exemple, de fondre le platine (1700°), sans émettre autre chose qu'une lueur à peine visible. C'est seulement en augmentant la pression que la flamme de l'hydrogène devient lumineuse. Sous la pression ordinaire, les gaz hydrocarburés deviennent lumineux par une double cause, à savoir : *la condensation* de leurs éléments combustibles, *préalable* ou provoquée par la combustion même, et la précipitation sous forme solide d'une partie du carbone qu'ils renfermaient en combinaison. Dans l'état naturel du gaz et à la température ordinaire, ce carbone n'est pas visible parce qu'il est uni à l'hydrogène, et constitue avec lui le composé gazeux. Mais au moment de la combustion, deux actions se produisent qui mettent à nu une partie du carbone; d'une part, le gaz hydrocarboné est porté à une température très élevée, ce qui détermine sa décomposition partielle en carbone ou vapeurs hydrocarbonées très condensées et en hydrogène; d'autre part, le gaz se trouvant en présence d'une quantité d'oxygène insuffisante, son hydrogène brûle le premier, et le carbone se sépare en nature.

Il faut enfin, pour qu'une flamme hydrocarbonée soit très éclairante, qu'il se présente :

1° Un rapport convenable entre le carbone et l'hydrogène dans le gaz combustible ;

2° Condensation des éléments dans ce même gaz;

3° Pression suffisante exercée sur le mélange des gaz combustible et comburant;

4° Rapport convenable entre le gaz combustible et l'air employé pour le brûler.

On comprendra, d'après ce qu'on vient de lire, que l'acétylène est un gaz très éclairant, et, pour les raisons qui viennent d'être énoncées, cet éclairement varie avec les conditions du bec que l'on emploie pour le brûler.

Dans l'état actuel de nos moyens, et avec les brûleurs dont nous disposons, on obtient :

1 à 2	carcels	pour une dépense de	8 *l*;
2 à 5	—	—	7,5 *l*;
5 à 10	—	—	7 *l*;

Au delà de 10 carcels pour une dépense de 5,56 *l* (c
M. Violle).

Nous ne pouvons mieux faire que de donner ici les
du travail de notre collègue, M. Hubou, sur cette questio

Il a cherché à comparer tous les modes d'éclairage au
vue de la dépense horaire avec l'éclairage par le gaz a

Il a admis le chiffre de 40 *f* pour les 100 *kg* de carbur
mettrait le prix du gaz à 1,33 *f* le mètre cube. Puis il
les prix suivants comptés dans Paris.

Bougie en stéarine	2 » *f*	le kilogramm
Huile de colza épurée. . .	1,65 *f*	—
Pétrole de luxe	0,97 *f*	—
Gaz de houille.	0,30 *f*	le mètre cube
Lampe à incandescence. .	1 » *f*	le kilowatt-he

Sur ces données il a dressé le tableau suivant des (
prix de revient par bec-heure.

	Pouvoir éclairant. Carcels.	Consommation horaire. Grammes.	Consommation d'un bec à acétylène de pouvoir éclairant égal. Litres.	Prix de — du bec-heure considéré. Centimes.	d cc
Bougie	0,125	10	»	2	
Lampe carcel	1	42	8	4,4	
Lampe pétrole 7 lig. plat.	0,5	20	4,25	1,94	
Lampe pétrole 18 lig. rond	3,2	80	24	7,7	
Bec papillon gaz	1	140 *l*	8	4,2	
Bec parisien.	5,75	200 *l*	40	6	
—	9,60	300 *l*	67	9	
Cromartie P. M.	3,70	170 *l*	28	5,1	
— G. M.	5,72	370 *l*	40	11,1	
L'industriel	7	350 *l*	49	10,5	
—	10	425 *l*	70	12,8	
—	22	750 *l*	122	22,5	
Lampe Wenham.	5,8	170 *l*	37	5,1	
—	11,09	283 *l*	61	8,5	
—	12,30	426 *l*	68	12,8	
Bec Auer n° 1.	3	85 *l*	22,5	2,6	
— n° 2.	5	120 *l*	37,5	3,6	
Lampe à incandescence. .	1	30 watts-heure	8	3	
Bec à jet 30 trous	1	126 *l*	8	3,8	

Malgré ces résultats, l'incandescence par le gaz de h
par les pétroles légers, a été un progrès immense;
M. Denayrouse appliquée maintenant sous une nouvel
pour la photographie, est absolument merveilleuse.

Le gaz acétylène prendra sa place à côté des autr
d'éclairage ; sa lumière absolument blanche lui donne des
précieuses.

Il présente malheureusement à l'heure actuelle un gros inconvénient : les becs à fente mince se bouchent très vite; l'acétylène porté à une température élevée à la sortie du bec se polymérise, le carbone provenant de sa décomposition brusque à la température un peu plus élevée de la deuxième zone obstrue l'orifice, et rend l'emploi de ces becs assez difficultueux.

M. Bocandé, membre de la Société, a donné une solution assez heureuse, car il permet de brûler l'acétylène à un bec ordinaire de gaz d'éclairage. Son système consiste à faire arriver de l'air au brûleur de façon à diluer l'acétylène à sa sortie.

Dans les Compagnies de chemins de fer, l'acétylène sera adopté le jour où le brûleur sera trouvé, et à ce moment-là, elles réaliseront des économies considérables. La carcel s'obtient avec 25 *l* de gaz d'huile qui coûte 0,75 *f*; l'économie sera donc juste d'un tiers au prix actuel du carbure.

APPAREILS GÉNÉRATEURS

Depuis la découverte de M. Moissan, plus de cent brevets d'appareils différents ont vu le jour. Il y en a malheureusement fort peu qui réalisent les conditions d'un bon appareil. Le briquet à hydrogène a été le point de départ; une série de combinaisons ont donné des systèmes se rapprochant de celui-ci; puis sont arrivées des séries de types d'appareils automatiques dans lesquels l'eau tombe sur le carbure; enfin, on a retourné la question et essayé de faire tomber le carbure dans l'eau.

C'est, à notre avis, aux appareils de ce genre qu'est réservé le plus d'avenir.

Nous avons divisé les générateurs de gaz acétylène en deux grandes classes :

1° Les appareils appelés à *contact;*

2° Les appareils appelés à *chute.*

Les premiers comprennent l'ensemble de tous les appareils dans lesquels une grande masse de carbure enfermée, dans un appareil dit gazogène, est mise au *contact* d'une grande ou d'une faible masse d'eau, d'une façon automatique quelconque.

Les seconds comprennent tous ceux dans lesquels on fait tomber et plonger complètement de petits ou de gros morceaux de carbure dans une grande masse d'eau.

Les appareils à contact présentent, presque tous, de gra
défauts, tels que :

1° La *surproduction;*

2° L'*échauffement* du gazogène.

L'échauffement est un gros inconvénient, et il entraine avec
des ennuis et une fabrication de gaz défectueuse.

1° *Surproduction.*

Elle se produit surtout quand une masse de carbure se trou
par intervalles en contact avec l'eau, comme dans le brique
hydrogène, la lampe de M. Trouvé, par exemple.

L'air humide attaque toujours le carbure, même après l'ar
du contact entre l'eau et le carbure. Cet air humide produit
gaz qu'il faut emmagasiner.

C'est une surproduction de gaz qui est gênante et dont il fa
se débarrasser d'une façon ou d'une autre. Cette surproduct
peut même atteindre de grandes limites et s'échapper d'elle-mê
dans la pièce où se trouve la lampe ou l'appareil, ou bien fa
sauter le gazogène.

2° *Échauffement* du gazogène.

Une petite quantité d'eau mise en contact avec le carbure dég
de la chaleur accompagnée de légères impuretés dans le g
surtout de benzols et de goudrons, qui donnent à celui-ci u
odeur infecte qui peut être désagréable; il faut avoir soin
laver le gaz, de le dessécher complètement par condensatio
toutes sortes d'opérations qui entraînent à des complications.

Les appareils à chute ne présentent plus aucun de ces inco
vénients.

Une roue à auget, ou bien une boite remplie de carbure d
calcium laisse tomber, dans un gazogène rempli d'eau, une ce
taine quantité de carbure. Elle est calculée de façon à pouvoir n
remplir exactement que les trois quarts de la capacité d'un gaz
mètre; lorsque ce dernier est vide de gaz, une nouvelle quan
tité tombe et remplit à nouveau la cloche.

Ici, la réaction a lieu à la température de l'eau, le gaz est lav
en traversant une masse d'eau; il ne reste qu'à lui faire travers
une couche d'oxyde de fer, épurante et desséchante : on a ain
un gaz absolument pur.

Nous allons passer rapidement en revue les appareils à conta
et à chute en ne donnant pour chacun d'eux qu'un type de class

Appareils à contact.

Ces appareils se divisent en trois catégories bien distinctes :

1° Appareils à contact par pression, comprenant les lampes portatives;
2° Appareils à contact à arrivée automatique d'eau par mouvement mécanique;
3° Appareil à contact à arrivée automatique d'eau sans mécanisme.

Appareils a contact par pression.

Le premier qui ait reçu une application sérieuse est celui de M. Trouvé.
L'appareil Trouvé présentait les deux inconvénients que nous avons signalés, l'échauffement du gazogène, la surproduction. L'inventeur a modifié son appareil par la suite pour y remédier, et à l'heure actuelle il fonctionne très bien; beaucoup d'appareils ont été alors construits sur ce modèle.

Appareil Prevost.

L'appareil se compose d'un récipient A, dans l'intérieur duquel est placée une cloche B réunie à un tube C fixé au récipient A par des croisillons *d*.
Le fond du récipient A est muni d'un bouchon de vidange E pour l'évacuation de la chaux résultant de la décomposition du carbure.
f est un croisillon sur lequel on laisse reposer la bougie de carbure. A cet effet, M. Prevost concasse le carbure, puis l'agglomère en bougie, dont il isole les parties à l'entour et ne laissant de libre que celle qui repose sur le croisillon.
Le tube G porte un robinet purgeur *h* et un robinet *i* pour la sortie du gaz fabriqué.
Le robinet *i* est réuni à un condenseur *k*. Au-dessous de ce dernier se trouve fixé un tube recourbé *l*, relié au fond de la bouteille *n*, qui porte à sa partie supérieure un tube *o* la reliant avec un autre *p* d'arrivée du gaz dans la cloche *q* du gazomètre.
Le tube *p* est relié au condenseur *k* et porte un robinet de réglage *r* dont la clef *s* prolongée porte un galet en contact avec le dessus de la cloche *q*. Celle-ci est convenablement guidée par

une tige *x*. Un tube *z* placé dans cette cloche sert à la sortie du gaz emmagasiné qui se rend par une canalisation aux appareils divers. Lorsque l'eau et la bougie de carbure de calcium sont en place, on ouvre le robinet *h*, jusqu'à ce que tout l'air qui se trouve contenu dans l'appareil soit évacué.

Après fermeture du robinet purgeur *h*, on ouvre le robinet *i*, et l'acétylène après s'être condensé et refroidi en *k*, se rend dans la cloche *q*, qui dans son mouvement ascendant entraînera avec elle la clef *s* du robinet *r* et le fermera, arrêtant ainsi le passage du gaz.

Il en résultera que la pression augmentera dans la cloche du générateur, et elle refoulera l'eau au moment de la surproduction. Augmentant alors la pression qui agira à travers le tube *l* sur la colonne d'eau qu'il contient, elle forcera celle-ci à monter dans la bouteille *n*.

A ce moment, le niveau de la bouteille *n* ne pouvant plus changer et celui du générateur A montant encore, ce dernier contiendra du gaz à une pression supérieure et obligera le gaz à monter à la partie supérieure de la bouteille, puis à passer par les tubes et *p*, pour se rendre dans la cloche *q*, qui continuera à monter jusqu'à ce que la production du gaz soit arrêtée, et que la pression du gaz contenu dans la cloche B du générateur soit égale à la colonne d'eau de la bouteille *n*.

Lorsque le gaz emmagasiné dans le gazomètre sera livré à la consommation, la cloche *q* descendra, et dans ce mouvement ouvrira graduellement le robinet *r*.

On peut facilement changer la bougie en marche en fermant le robinet *i*.

Lampe Prevost (fig. 15).

C'est surtout dans les lampes que le phénomène de la surproduction est le plus gênant pour leur construction.

A l'arrêt de la lampe, on ne peut emmagasiner le gaz qui vient à se former.

Il fallait donc réaliser deux conditions :

1° Réduire la facilité de décomposition du bloc de carbure,

2° Empêcher d'une *façon absolue* le retour de l'eau sur le carbure.

La lampe Prevost est basée exactement sur le principe de son appareil : la seule différence, c'est que, pour permettre le refoule

e l'eau, c'est-à-dire à l'arrêt, l'air peut s'échapper par la
que l'on a soin d'ouvrir, et que l'on referme quand on met
e en marche.

lus, pendant la marche, s'il y a refoulement par excès de
n, l'air s'échappe par l'obturateur D, mais ne peut y rentrer
'il forme joint hydraulique. La lampe dans ces condi-
onctionne très bien, et grâce à l'isolant dont M. Prevost
e sa bougie, elle est sans danger, et le carbure peut se
ver longtemps.

appareils Prevost évitent presque complètement la surpro-
n et l'échauffement.

efois, il serait bon d'ajouter aux appareils fixes un conden-
urateur à chlorure de calcium et oxyde de fer, pour éviter
uretés pouvant encore provenir de l'échauffement du gaz
nent de sa formation.

appareils peuvent être considérés comme des appareils de
é, attendu que la quantité de gaz qu'ils produisent répond
soins momentanés de la consommation. La réserve de gaz
le; les fuites sont peu à craindre.

Appareil Holliday.

nne ici la description de cet appareil, qui rentre dans la
re catégorie, sans gazomètre; la production de gaz est au-
que. C'est de plus un appareil à pression.

compose d'un réservoir séparé en deux par une cloison c

artie supérieure est constituée par un bassin communiquant
a partie inférieure par le tube *t*. Cette partie B est en com-
ation avec le gazogène dans lequel on peut placer un panier
li de carbure de calcium.

ube *t* met en communication le gazogène avec le réser-

ube T permet au gaz de s'échapper; ce dernier passe dans le
in s, et monte au régulateur de pression R, pour aller se
ner dans la canalisation.

nctionnement est le suivant :

emplit de carbure le panier P, puis on ferme le tampon à

uvre le robinet R_1 afin de purger l'appareil; on remplit
e réservoir A. Elle monte dans la partie C et chasse l'air

e tube t_1, le gazogène e
ule par le tube t_1, et si R est ouvert,
nent la purge s'opère et on ferme R_1; la pression q
créer du fait du dégagement du gaz, refoule l'eau et le gaz, qu-
mmagasine dans C; la surproduction de même; mais. ici, la
rproduction est limitée à l'eau qu'à retenue le carbure; car
évaporation de l'eau ne se fait plus sentir.

S'il y a surproduction, c'est donc l'eau qui remonte par le
tube t pour aller dans le réservoir B.

On ne peut pas, dans cet appareil, éviter l'échauffement, et.
malheureusement, il se produit un peu de polymérisation.
D'ailleurs, ces polymérisations, se condensent dans le serpentin
S. entouré d'eau froide.

Cet appareil donne d'excellents résultats.

Tels sont les types principaux des appareils dits à contact
pression.

APPAREILS A CONTACT PAR CHUTE AUTOMATIQUE D'EAU AVEC MÉCAN

C'est la catégorie qui en renferme le plus.

Nous donnerons ici, comme type, celui qui, à notre avis, p
le meilleur, car il pare aux deux inconvénients : échauffe -
et surproduction, sans aucun danger.

C'est celui de la Compagnie Continentale d'Éclairage.

Appareil Bon (fig. 17 et 17 *bis*).

Il se compose d'un gazogène A, rempli de casiers, q
charge au préalable de carbure de calcium. Ces casiers
atteints par l'eau que successivement et progressiveme
ne passant d'un casier à l'autre que lorsque la provision
mier est complètement épuisée.

La boite à casiers E est recouverte d'une cloche rectan
avec joint hydraulique.

L'eau arrive par les tuyaux G et G' et arrive en i d
mier casier.

La cuve à eau C porte un niveau d'eau indiquan
de divisions, la situation des casiers, chaque divisio
dant au remplissage exact de chacun des casiers.

Le gazomètre B fait manœuvrer le robinet r' d'am
au fur et à mesure de la dépense. Le gaz arrive

les autres corps, ne deviennent lumineux que s'ils sont portés à une *température suffisamment élevée*. Mais cette condition n'est pas seule nécessaire; les gaz qui ne renferment aucune particule solide, tels que l'hydrogène, peuvent développer par leur combustion, une température excessive capable, par exemple, de fondre le platine (1700°), sans émettre autre chose qu'une lueur à peine visible. C'est seulement en augmentant la pression que la flamme de l'hydrogène devient lumineuse. Sous la pression ordinaire, les gaz hydrocarburés deviennent lumineux par une double cause, à savoir : *la condensation* de leurs éléments combustibles, *préalable* ou provoquée par la combustion même, et la précipitation sous forme solide d'une partie du carbone qu'ils renfermaient en combinaison. Dans l'état naturel du gaz et à la température ordinaire, ce carbone n'est pas visible parce qu'il est uni à l'hydrogène, et constitue avec lui le composé gazeux. Mais au moment de la combustion, deux actions se produisent qui mettent à nu une partie du carbone; d'une part, le gaz hydrocarboné est porté à une température très élevée, ce qui détermine sa décomposition partielle en carbone ou vapeurs hydrocarbonées très condensées et en hydrogène; d'autre part, le gaz se trouvant en présence d'une quantité d'oxygène insuffisante, son hydrogène brûle le premier, et le carbone se sépare en nature.

Il faut enfin, pour qu'une flamme hydrocarbonée soit très éclairante, qu'il se présente :

1° Un rapport convenable entre le carbone et l'hydrogène dans le gaz combustible ;

2° Condensation des éléments dans ce même gaz;

3° Pression suffisante exercée sur le mélange des gaz combustible et comburant;

4° Rapport convenable entre le gaz combustible et l'air employé pour le brûler.

On comprendra, d'après ce qu'on vient de lire, que l'acétylène est un gaz très éclairant, et, pour les raisons qui viennent d'être énoncées, cet éclairement varie avec les conditions du bec que l'on emploie pour le brûler.

Dans l'état actuel de nos moyens, et avec les brûleurs dont nous disposons, on obtient :

1 à 2	carcels pour	une dépense de	8 *l*;
2 à 5	—	—	7,5 *l*;
5 à 10	—	—	7 *l*;

des carbures. Toutefois, la surproduction est presque impossible, car la quantité d'eau qui tombe sur le carbure est complètement décomposée et ne peut continuer à donner du gaz.

En second lieu, l'échauffement est faible, étant donné la petite quantité d'eau qui arrive sur le carbure.

Appareils à chute.

Les premiers sont ceux de M. Lequeux.

Ils consistent simplement dans la chute du carbure dans l'eau.

Les appareils Lequeux ne sont pas automatiques. Ils permettent de remplir d'acétylène des gazomètres de dimensions données et quelconques.

D'autres, tels que celui de la Compagnie Générale d'Éclairage l'Acétylène, font tomber automatiquement le carbure de calcium dans une grande masse d'eau.

Ce sont évidemment les moins mauvais. On peut même dire que la question des appareils est à peu près résolue par ces systèmes que nous allons décrire.

Générateur Lequeux *(fig. 19)*.

Le corps cylindrique AB est rempli d'eau, en retirant le couvercle H qui forme joint étanche hydraulique; puis, on referme H; on a eu soin de remplir d'eau la rainure comprise entre le corps cylindrique et l'évasement supérieur.

Le carbure de calcium en morceaux ou en cartouches est précipité par la manche K et tombe dans le seau placé à la partie inférieure du corps cylindrique.

La réaction se produit, le niveau baisse dans le réservoir B pendant qu'il s'élève et même déborde dans la manche K; l'équilibre une fois établi, le niveau remonte à chaque introduction du carbure jusqu'au tube I.

Une des particularités de cet appareil consiste dans la caisse inférieure D, qu'on remplit d'eau jusqu'au niveau du robinet Z.

Le gaz barbote dans cette caisse, se débarrasse des particules solides entraînées, forme ensuite joint hydraulique entre le générateur et le gazomètre, mis en relation avec la tubulure F.

Lorsqu'on a à faire le nettoyage du générateur, vider le seau et renouveler l'eau, on n'a pas à craindre le retour du gaz du gazomètre, l'eau remonte dans le tube C et forme fermeture hydraulique.

Installation d'une petite usine productrice d'acétylène (système Lequeux) (fig. 20 et 20 bis).

Une installation complète se compose d'une batterie de deux trois générateurs, d'un laveur et du gazomètre.

Le carbure est introduit au moyen d'une boîte de chargement ns l'ouverture pratiquée à la partie supérieure du cylindre liné. Il tombe en A et le gaz, remontant dans la partie BB, ive au barillet D pour, de là, être conduit au gazomètre.

Appareil Seguin de Perrodil.

(Compagnie générale d'éclairage L'Acétylène.)

L'appareil que nous avons étudié en collaboration avec M. G. guin est construit sur le principe suivant :

Une charge de carbure quelconque est placée dans une trémie autre récipient.

Une quantité de carbure donnée et bien déterminée, tombant ns un générateur plein d'eau, remplit les trois quarts d'un gazoètre.

Lorsque le gazomètre est sur le point d'être vide, une nouvelle uantité de carbure retombe dans l'eau et fait remontrer la cloche, t ainsi de suite.

L'appareil se compose de trois parties :

1° Le gazogène;

2° Le distributeur automatique;

3° Le gazomètre.

Gazogène.

Il se compose d'un double récipient A et B, ce dernier communiquant par un tube T avec l'extérieur.

Le tube T, dans la partie du réservoir A, est percé de trous afin permettre la libre circulation de l'eau. Le dôme D de départ gaz est à joint hydraulique.

Un trou H fait communiquer le réservoir B avec A.

L'eau dans le réservoir B est à un niveau inférieur à celui de au dans le tube T. Cette différence de niveau représente le ids du gazomètre.

Le carbure de calcium tombant au fond du panier P, le gaz se gage immédiatement suivant la flèche, traverse les couches

épurantes de chlorure de calcium et d'oxyde de fer, et se dir au gazomètre par le tuyau *t*.

Le *distributeur* se compose d'une glissière *c* ouverte en *a*.

Une boite à casiers F, présentant des volets de la dimension l'ouverture *a*, glisse dans ce chemin, et permet à chaque cas de se vider au fur et à mesure d'une poussée de la tige H du zomètre, à la descente de ce dernier.

Au moment où le gazomètre a baissé d'une quantité suffisar le volet s'ouvre, la charge tombe, et le gazomètre remonte, ent nant avec lui la tige H prête à repousser un autre casier au r ment de la chute suivante.

Ici, l'échauffement et la surproduction sont complètement évit

Malheureusement, la construction du distributeur automati demande à être extrêmement soignée.

Voilà, en résumé, l'ensemble des générateurs à gaz acétylè

Notre opinion, comme conclusion, est que l'avenir de ce réside dans deux choses :

Un appareil fonctionnant sans danger comme ceux que n venons de décrire, et des brûleurs ne s'encrassant pas, tels ceux de M. Bocandé.

ÉCLAIRAGE DES VOITURES DE CHEMINS DE FER

Pour terminer, je dirai quelques mots de ce qui a été fait les lignes de chemins de fer pour l'éclairage des voitures pa gaz acétylène.

Dès juin 1895, M. Chaperon, Ingénieur-chef du Service de clairage à la Compagnie de Lyon, après avoir fait faire une quête préliminaire sur l'emploi de l'acétylène pour l'éclairag s'être livré à diverses expériences de photométrie, dans son l ratoire de la gare de Lyon, décida qu'il y avait lieu de fair essai de route.

A cet effet, un réservoir de 100 *l*, chargé à 8 *kg*, fut installé un fourgon de la Compagnie, par les soins de M. Bullier, I nieur-chimiste, Conseil de la Société des carbures métallic aidé de son second, M. Gellée. Ce fourgon, attelé à un trai messageries, effectua le trajet Paris-Dijon et retour accomp d'un Ingénieur et d'un inspecteur de la Compagnie.

La consommation de chaque bec, au nombre de deux, fu 12 *l* à l'heure.

En janvier 1896, la Compagnie de l'Est, ayant eu connaissance de ces premiers essais, en entreprit, d'accord avec M. Bullier, une nouvelle série, sous la direction de MM. Dumont et Hubou.

Dans deux voitures de première classe, on chargea les réservoirs de 430 *l* de gaz acétylène à la pression de 7 *kg*, au moyen du générateur sous pression imaginé pour la circonstance par M. Bullier.

Appareil Bullier (fig. 22, 23, 24)

La figure 22 donne la coupe verticale du système.

Il se compose d'un cylindre métallique *a*, en tôle d'acier, par exemple. Il est surmonté d'un autre cylindre *b* d'un diamètre plus petit, capable de contenir le panier perforé *c* dans lequel se trouve le carbure de calcium destiné à produire le gaz.

Le cylindre *a* présente un robinet purgeur *d*, un trou de vidange *e*, fermé par un bouchon à vis, et à sa partie supérieure une tubulure *g* fermée par un bouchon à vis *h*.

Sur ce cylindre est branchée la conduite *i* qui débouche dans le dessiccateur *j*, et sur ce dernier vient s'adapter la conduite *k*, qui aboutit au gazomètre.

Seulement, comme nous l'avons vu à propos de l'explosibilité de l'acétylène, il est nécessaire de refroidir le gaz et de l'épurer un peu.

Aussi la figure 23 montre l'appareil avec ses condenseur et épurateur.

Le fonctionnement de l'appareil est simple.

On descend lentement le panier dans l'eau au moyen de la tige *m*, et l'on suit les indications du manomètre.

Les voitures portant les cylindres d'acétylène comprimé, furent mises en service à la Compagnie de l'Est le 31 janvier, sur la ligne de Paris à Gretz et retour. Ces voitures fonctionnèrent journellement pendant trois mois et dans l'intervalle un essai en grande vitesse Paris-Nancy et retour fut fait.

Le gaz se comporta toujours très bien. Néanmoins il fallait net-er les becs tous les trois ou quatre jours.

La Compagnie de Lyon reprenait alors ses essais, et mettait en vice une voiture de première classe sur la ligne Paris-Dijon, dant quelques jours. On chargeait les réservoirs en gare de ris.

C'est à ce moment que lors du voyage de M. le Président de la publique dans le sud-est, les réservoirs des voitures du train

présidentiel dans lesquelles se trouvaient le Directeur et le Pr dent du Conseil d'administration de la Compagnie, furent char d'acétylène à 7 *kg* au moyen du générateur précédemment déc

A cette époque également, MM. Ameline et Chevrier, Ingénie de la Compagnie de l'Ouest, firent construire, sur les indicati de M. Bullier, un générateur sous-pression, et pendant deux n deux voitures de première circulèrent sur Paris-Auteuil.

La question en est là, les essais sont repris par les différer Compagnies, et nous ne doutons pas du plein succès.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

sur l'explosion d'une bonbonne d'acétylène liqui

Pendant l'impression de ce mémoire est survenu, le 17 octol à la rue Championnet, chez M. Pictet, l'explosion d'une bonbo d'acétylène liquéfié.

A propos des expériences de MM. Berthelot et Vieille sur propriétés explosives de l'acétylène, et à la suite d'une explos survenue au cours d'une expérience chez M. R. Pictet, à Genè où s'était produite l'incandescence du carbure, j'ai montré cela avait suffi pour amener la brusque décomposition de tout masse liquide. Dans cette expérience, le gaz se comprimait s le propre dégagement du carbure de calcium.

De cette expérience, il résulte très nettement que de liqué l'acétylène dans les conditions où M. R. Pictet se plaçait pour expérience, constitue un très grave danger.

Il faut avoir soin, dans ce cas, de refroidir constamment l' pareil où se fait la réaction. L'explosion survenue, le 17 octol à une heure et demie, rue Championnet, est d'un tout autre or Elle démontre ce que M. L. Bullier a énoncé dans *l'Électro-ch* de juillet, en s'exprimant ainsi :

« Quant à l'emploi de l'acétylène liquide, mon opinion pers nelle est qu'il ne faut pas manier ce corps *sans de grandes pré tions*, avant qu'une étude sérieuse et approfondie en ait bien connaître les propriétés, etc. »

Or, comme je l'ai dit plus haut, d'après les expériences MM. Berthelot et Vieille, un point en ignition dans une ma d'acétylène liquide amène la décomposition de la masse et, suite, à des pressions formidables auxquelles aucun récipie

fût-il en acier le plus résistant, ne peut résister, 5 000 et 6 000 *kg* et même 7 000 *kg*. Dans ces conditions, l'acétylène liquide se comporte comme un véritable explosif.

Il semblait, au premier abord, qu'il était difficile de réaliser la condition du point en ignition dans une masse liquide d'acétylène. On avait même écrit, quelque temps avant l'explosion : « MM. Berthelot et Vieille ont montré que l'acétylène liquide n'est dangereux que lorsqu'on plonge dedans un fil de platine rougi. » Ceci, en effet, pouvait paraître presque impossible à réaliser.

Malheureusement, on sait que le frottement énergique des pièces métalliques les unes contre les autres peut déterminer soit une étincelle, soit un échauffement, qui est d'autant plus important que l'effort mécanique s'exerce sur des surfaces plus petites ; le phénomène de l'étincelle dans le briquet est suffisant à expliquer ce que j'avance.

MM. Girard, chef du Laboratoire municipal, et P. Vieille, ingénieur des Poudres et Salpêtres, directeur du Laboratoire central, ont été nommés experts dans cette affaire, et ils détermineront exactement les causes qui ont donné lieu à un accident aussi terrible, puisqu'il y a eu à déplorer la mort de deux ouvriers. MM. Girard et Vieille reproduiront le vissage et le dévissage de bouteilles d'acétylène liquide jusqu'à l'explosion. C'est la seule façon dont ces messieurs pourront se rendre compte de la possibilité d'une explosion dans ces conditions. Cette expertise sera donc longue, et le résultat ne peut en être connu que dans quelques semaines.

Le seul ouvrier qui, des trois, a survécu, le seul qui, d'ailleurs, ne maniait pas la bonbonne, a été trop sérieusement blessé et a eu, sur le moment, trop peu conscience des faits, pour donner les explications complètes permettant la lumière sur cette explosion.

Il est, toutefois, cependant bien établi que : 1° la bouteille était en manipulation; 2° elle était pleine d'acétylène liquide, ou du moins presque pleine, alors que, au dire de quelques personnes, on la croyait vide, ou du moins presque vide ; 3° elle était à l'étau, et les deux ouvriers victimes de l'accident devaient être aux deux extrémités d'une clef de serrage, soit pour serrer la bonbonne qui fuyait, soit pour la desserrer, la bonbonne ayant été considérée comme vide de tout gaz liquide ; 4° il y a eu immédiatement décomposition brusque de la masse et inflammation d'un mélange tonnant formé au moment de la sortie du gaz.

Enfin, une hypothèse possible est celle de la détente brusque. C'est le serrage ou le desserrage probablement trop énergique, puisque les deux ouvriers travaillaient ensemble, qui a dû constituer l'effort mécanique suffisant pour produire soit une étincelle, soit un échauffement d'un point de la masse.

La décomposition brusque s'est propagée dans toute la masse instantanément, et une pression intérieure de 5 à 6.000 *kg* a mis en miettes la bonbonne, hachant sur leur passage les deux malheureux ouvriers victimes de leur imprudence.

Je dis, de leur imprudence, car ils devaient être prévenus que le serrage des bonbonnes ne doit se faire qu'avec de grandes précautions. Ce phénomène est de l'ordre de ceux qui se produisent quelquefois, très rarement, il est vrai, dans les arsenaux : lorsqu'un bouchon d'obus est trop fortement serré.

Je termine en disant que cette explosion montre que l'acétylène liquide présente des dangers bien plus grands que l'acide carbonique liquide, puisque aux conditions explosives, il joint des propriétés inflammables et détonantes avec l'air très marquées.

Je crois que ce serait un peu téméraire que d'installer des bouteilles d'acétylène liquide chez les particuliers, sans les soumettre à des réglementations particulières.

Cela n'empêche pas la liquéfaction de ce gaz d'être un excellent transport d'énergie, mais, alors, dans des conditions toutes particulières.

Mais on se demande s'il est bien utile de le liquéfier, et la compression, qui présente moins de dangers, semble déjà un moyen assez commode de transport et d'utilisation de l'acétylène.

Je le répète, cette compression présentera toujours quelques dangers, mais au même titre que les réservoirs de gaz comprimé (gaz d'huile) employés dans les chemins de fer.

Pour conclure, je me contenterai de faire remarquer que si le gaz acétylène présente les dangers que nous avons énumérés plus haut, décomposition brusque de la masse au-dessus des 2 atm., le gaz à la pression du gaz d'éclairage dans les conduites de ville ne présente que les mêmes dangers d'explosion avec l'air que ce dernier avec une zone un peu moins étendue.

COMPTE RENDU

DU

CONGRÈS DES SABLES-D'OLONNE

PAR

M. E. CACHEUX

Quatre Ministères, dix-sept municipalités, parmi lesquelles celle Paris, plusieurs Chambres de Commerce et un certain nombre Sociétés savantes se sont fait représenter au Congrès et y ont voyé des délégués qui ont pris part à ses travaux.

Parmi les vœux adoptés par les membres du Congrès, voici ux qui peuvent intéresser les Ingénieurs :

I. — Le Congrès appelle l'attention des pêcheurs sur l'avantage i'il y aurait pour eux à s'associer de manière à acquérir en ommun :

1° Des appareils perfectionnés pour le transport du poisson à état frais, soit à terre, soit en chemin de fer;

2° Des chasseurs à vapeur, capables de conserver le poisson et le le transporter au port de vente.

Le Congrès émet le vœu que les Compagnies de chemin de fer u, à leur défaut, des Compagnies privées, mettent en circulation les wagons de transport conformes aux derniers progrès de la cience, et assurant l'arrivée à l'état frais du poisson dans les principaux centres de vente.

II. — Le Congrès émet le vœu que l'initiative privée tienne compte de la situation des marins pêcheurs, et crée des institu-ions les assurant contre la maladie, les accidents et la vieillesse.

Le Congrès souhaite également que les Compagnies d'assu-nces contre les accidents garantissent largement la responsa-ilité civile des armateurs qui découle des articles 262 du Code Commerce et 1383 et 1384 du Code civil, afin de rendre inu-le l'intervention de l'État.

III. — Le Congrès pense qu'il serait désirable d'attirer l'atten-on des Comités locaux créés conformément à la loi du 30 no-

vembre 1894 sur les logements des marins, de façon à leur faire prendre les mesures nécessaires pour les améliorer.

Une Commission a été formée pour mettre à exécution les nombreux vœux émis par le Congrès, toutes les questions qui n'auront pas reçu de solutions pratiques seront mises à l'ordre du jour du Congrès qui se réunira, en 1898, à Dieppe, dans le nouvel hôtel de la Chambre de Commerce, que son président veut bien mettre à la disposition des organisateurs du Congrès.

M. Cacheux s'est rendu à Berlin et à Kiel pour visiter les expositions qui sont ouvertes dans ces deux cités, et étudier les questions qui se rattachent à l'industrie des pêches maritimes. Grâce aux lettres émanant du Ministère des Affaires étrangères, qui l'accréditaient auprès des membres de notre corps diplomatique, M. Cacheux a été très bien reçu partout, il a pu atteindre le but qu'il s'était proposé, et il résume à grands traits ses observations qui sont les suivantes :

L'industrie des pêches maritimes a pris, en Allemagne, un très grand développement dans ces dernières années. En 1886, la valeur du poisson pêché par les marins allemands ne s'élevait qu'à 10 millions de francs; aujourd'hui cette valeur atteint 19 millions. Tout fait présager que le mouvement de progression croîtra rapidement en présence des efforts qui sont faits pour se passer, en Allemagne, du poisson de mer importé de l'Étranger, et pour le transporter économiquement en bon état dans toutes les parties de l'Empire.

L'empereur d'Allemagne subventionne largement les entreprises qui ont pour objet le développement de la pêche maritime; il a prêté, sans intérêts et avec facilité de se libérer par acomptes, les sommes nécessaires pour permettre à plusieurs patrons d'acquérir un matériel de pêche perfectionné; tout récemment, il a donné une somme de 1 250 *f* à la Société allemande des pêches maritimes pour augmenter l'importance du concours qu'elle a organisé, et qui a pour but de créer de bons bateaux de pêche.

L'État a établi plusieurs ports de pêche, il subventionne plusieurs municipalités qui ont construit des halles et marchés, et il vient de mettre à la disposition des pêcheurs des wagons spéciaux, munis de réservoirs à glace, pour transporter rapidement, et à peu de frais, le poisson aux lieux de consommation.

Les industriels allemands ne restent pas en arrière. Les ba-

teaux de pêche qu'ils construisent sont munis des appareils les plus perfectionnés. Nous avons visité, sur l'Elbe, un bateau de pêche pourvu d'un réservoir qui permet de transporter le poisson vivant, et de chambres à air froid destinées à conserver en bon état celui qui est mort. Un moteur à pétrole placé sur le pont, servait à carguer les voiles et à haler les filets.

Les filets employés en Allemagne sont de divers genres, et la plupart sont faits avec des machines.

Le poisson en vie ayant beaucoup plus de valeur que celui qui n'y est plus, les Allemands ont fait de nombreuses tentatives pour amener le poisson vivant sur les marchés; mais ils n'ont pas encore trouvé de solution bien pratique, et le poisson se vend soit sec, soit fumé, soit conservé, suivant le procédé Appert ou sous forme de boudin.

Le poisson séché sert à faire de la farine qui peut être consommée soit par les hommes, soit par les bêtes.

Le poisson fumé a donné naissance à une grande industrie qui a procuré une certaine aisance à la population pauvre du littoral; mais elle est loin d'égaler en importance celle des conserves de poisson.

L'habileté des commerçants allemands est remarquable, ils parviennent à vendre des filets à sardines aux pêcheurs vendéens, et beaucoup de nos épiciers possèdent à leurs étalages des boîtes de conserve qui proviennent d'Allemagne.

Pour faire connaître leurs produits, les commerçants allemands ont installé, près de l'exposition des pêches, un restaurant populaire où l'on ne pouvait consommer que des produits provenant du poisson. La consommation hebdomadaire était, d'après le journal officiel de l'Exposition en moyenne de 150 *q* de poisson, la consommation maximum journalière a été de 50 *q*. Le poisson destiné à ce restaurant populaire était amené par des wagons spéciaux, et il était conservé dans une chambre froide, dont la température était maintenue à 1° au-dessus de 0 à l'aide d'acide carbonique liquide.

Il faut remarquer que les grands industriels allemands n'exposent pas, et qu'on aurait une faible idée de l'importance de l'industrie allemande, si l'on se contentait de la juger d'après la valeur des produits contenus dans les galeries des Expositions de Kiel et de Berlin. Pour se rendre compte des progrès accomplis par les Allemands, il faut visiter leurs musées, leurs usines, et surtout vivre au milieu d'eux pendant quelque temps.

LE
PONT ALEXANDRE III

PAR

M. A. de BOVET

Les projets adoptés en vue de l'organisation de la proch
Exposition comportent la construction d'un pont monumental
la Seine, dans l'axe de l'Esplanade des Invalides. Il vient
être beaucoup parlé, puisque la pose de la première pierre a
une place importante dans les admirables fêtes qui ont eu
récemment. Par une inspiration des plus heureuses, à laqu
nous avons tous applaudi sans réserve, ce pont a été dédié
mémoire de l'empereur Alexandre III. Ce nous est une raison
plus pour désirer que l'ouvrage, une fois fait, soit aussi par
que possible, et comme les plans n'en sont pas, à l'heure qu'il
définitivement arrêtés, il est temps encore d'examiner si ce qu
connaît des projets répond à ce desideratum.

Un pont est fait pour ceux qui doivent passer dessus — enc
faut-il qu'il ne crée pas de gênes excessives à ceux qui doiv
passer dessous. Ceux-là, à Paris, sont extrêmement nombre
c'est à leur point de vue que je me place et que je voudrais
sayer d'obtenir un peu mieux que ce qui leur est actuellem
offert, étant très convaincu que la chose est possible et mê
facile.

Je tiens tout d'abord à bien insister sur ce point, qui ressor
bien clairement, du reste, de l'ensemble de ma discussion, que
ne me fais, à aucun degré, l'écho des personnes qui ont élevé
objections contre le principe même de l'exécution d'un pont à ce
place, étant au contraire de ceux qui, dans l'ensemble des proj
concernant l'Exposition, sont particulièrement séduits par la tra
formation que doivent subir les Champs-Élysées.

Ceci dit, j'en reviens au projet, en son état actuel, tel qu'il
connu par le dossier mis à l'enquête.

Le pont, en lui-même, est constitué par un arc unique de 110 *m* l'ouverture, qui a été étudié par l'éminent ingénieur à qui nous levons déjà le pont Mirabeau. L'emplacement disponible l'a obligé ı adopter un mode de construction tout autre que celui qui avait ·té employé dans ce dernier ouvrage. Mais quels que soient les noyens d'exécution, la haute valeur de l'auteur du projet nous est ıne garantie qu'au point de vue technique, ce qui sera fait sera ›ien fait et, d'autre part, il faut savoir très grand gré à l'Admiıistration des Travaux publics d'avoir accepté le principe de l'arc ınique débarrassant le passage de toute pile en rivière.

Reste à bien placer cet arc, et c'est ici que nous estimons devoir élever quelques critiques.

Voici un croquis (*fig. 1*) représentant la région de la Seine comprise entre les ponts actuels de la Concorde et des Invalides. Le tracé en traits continus représente l'état actuel. Il y a entre les deux ponts des ports de tirage. En principe, tous les ports de tirage existants doivent être, au fur et à mesure des crédits disponibles, remplacés par des ports droits. Ce projet a été, en 1895, soumis à une enquête ; la réalisation n'est plus qu'une question d'argent et elle pourra, par conséquent, être longue : pour la région qui nous occupe, la ligne des ports droits, laissant entre eux une largeur de 110 *m* que l'on ne peut pas songer à diminuer, si on ne veut pas exposer les régions à l'amont de Paris à des risques l'inondation inadmissibles, est figurée sur le dessin en lignes ›ointillées.

Enfin, on y a marqué, en traits discontinus, l'emplacement du ouveau pont et la modification qu'aurait à subir l'emplacement es ports droits, en cas d'adoption du projet mis à l'enquête — ıodification qui comporte un élargissement du port de la rive roite et un rétrécissement du port de la rive gauche.

La cote à laquelle, d'après le même projet, doit être placé le ›int le plus haut du tablier est telle, qu'en hautes eaux, encore ıvigables, la corde libre, sous le pont, sous un tirant d'air de 50 *m*, n'est que de 30 *m*, et les culées sont figurées sous forme : massifs de maçonnerie pleine sur toute la largeur des ports. : croquis (*fig. 2*) montre en élévation le nouveau pont et le pont tuel des Invalides, ce dernier tracé en traits pleins.

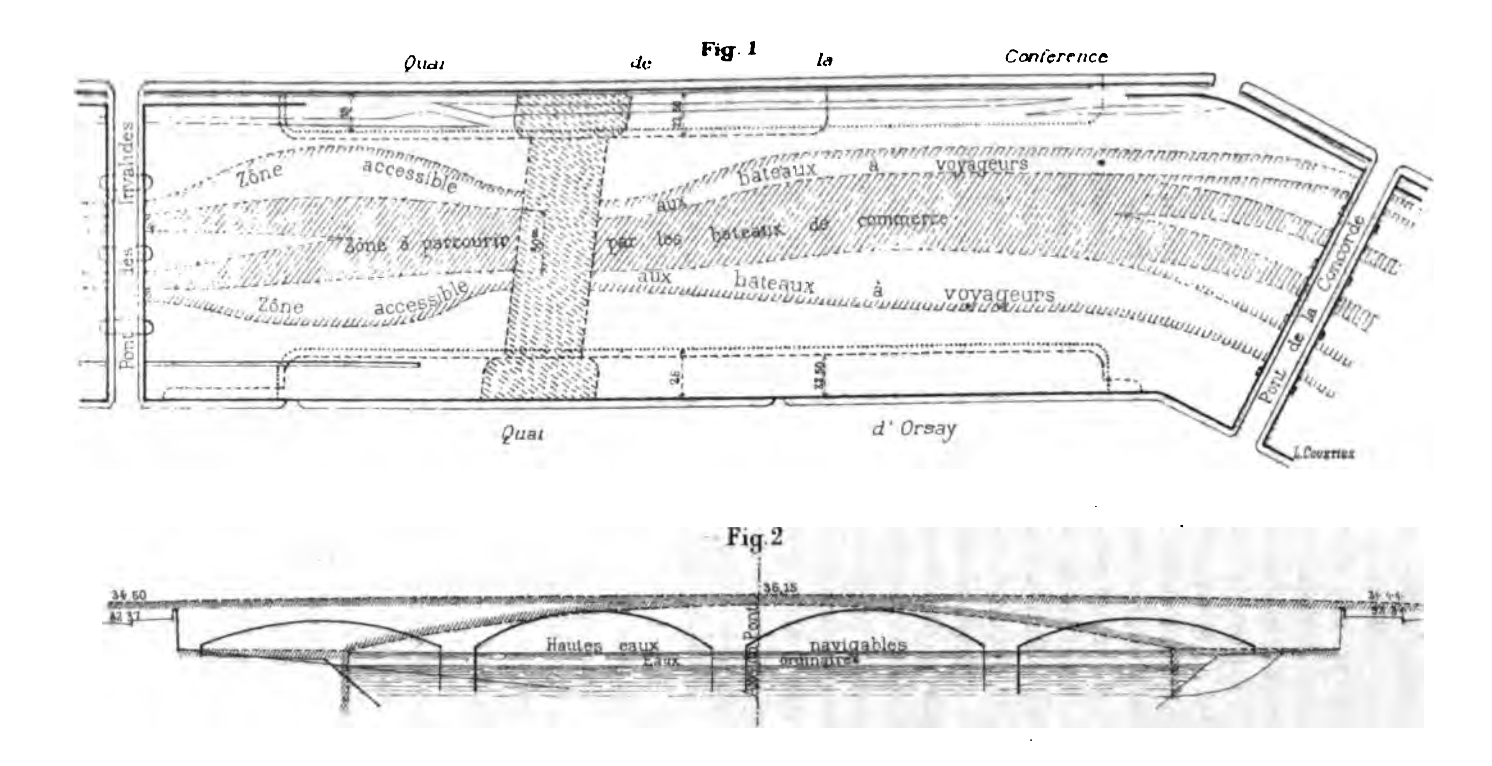
La marine s'est fortement émue à l'idée que de pareilles dis›sitions pouvaient être définitivement adoptées, et j'estime ı'elle a grandement raison.

On voit, sur le dessin, la courbe que décrit, en ce point, la

Seine, courbe telle que. à la sortie du pont de la Concorde, le bateaux avalants sont inévitablement rejetés vers la rive droite Les convois sont déformés et ce n'est pas trop de toute la distance entre le pont de la Concorde et le celui des Invalides pour qu'ils arrivent à se reformer, afin que les mariniers puissent. suivant leur expression que je me reprocherais de ne pas conserver livrer leurs bateaux droit dans les arches étroites de ce dernier

La construction de ports droits, à l'emplacement résultant de l'enquête de 1895 n'apporte pas grande gêne : au nouvel emplacement elle en apportera beaucoup plus. Il est loisible en cet place de prélever autant que l'on veut sur la rive gauche de Seine, il est dangereux pour la navigation de prélever sur la rive droite.

A cette considération s'en ajoute une autre. Un port sur rive droite restera toujours sans utilité pratique : les charrois auxquels son utilisation pourrait donner lieu ne seront jamais accept en pleine promenade des Champs-Élysées. Le port de la rive gauche, au contraire, est déjà utilisé, il pourra continuer à l'ê puisqu'il n'évacue pas en pleine promenade. Son utilisation venir est d'autant plus intéressante qu'il va se trouver au voisinage immédiat d'une gare importante à laquelle, peut-être un jour, il pourrait être raccordé, il y aurait alors tout avantage à c qu'on lui ait laissé la plus grande surface possible. Je sais bien qu'à l'encontre de ce qui se passe dans d'autres pays, ces raccordements sont, en France, très mal vus par les Compagnies de chemins de fer. Notons en passant une honorable exception, celle de la Compagnie d'Orléans qui, de sa propre initiative poursuit entre ses voies et la Seine, un raccordement à Ivry. Pour le moment c'est l'exception qui confirme la règle, car il nous serai facile de citer, en sens contraire, des exemples concluants comm entre autres l'étonnante histoire de la gare d'eau de Roanne; mai je risquerais de me laisser ainsi entraîner bien au-delà de mon sujet, la matière valant à elle seule une discussion spéciale. Qu' me suffise d'indiquer que, par la force des choses, les idées actuelles des Compagnies de chemins de fer français, en matière d raccordements avec les voies d'eau, devront vraisemblablemen arriver à se modifier et qu'il y a, par conséquent, des motifs multiples pour désirer que les dispositions antérieurement adoptée dans l'établissement de ports droits. dans cette région de Paris soient conservées et, par conséquent, pour que le pont projeté soi déplacé de quelques mètres de la rive gauche vers la rive droite


Fig. 1
Quai de la Conference
Pont des Invalides
Zône accessible aux bateaux à voyageurs
Zône à parcourir par les bateaux de commerce
Zône accessible aux bateaux à voyageurs
Quai d' Orsay
Pont de la Concorde
Fig. 2
34,60
36,15
Pont
Hautes eaux navigables
Eaux ordinaires

Les culées entre les retombées des arcs et les quais hauts raient alors d'épaisseur apparente inégale. Nous nous refus à admettre que cette inégalité d'épaisseur entraîne, pour f beau, une difficulté insurmontable pour les hommes éminen qui ces travaux seront confiés.

Tel qu'il est projeté, le pont, ai-je dit, ne laisse qu'une co libre de 30 *m* sous 5,50 *m* de tirant d'air. Il est à 200 *m* de tance du pont des Invalides qui a une pile en son milieu. convois remorqués peuvent avoir dans Paris une longueur 600 *m*, et, par conséquent, se trouver engagés sous les deux po à la fois. Le dessin montre les chemins qu'ils suivront, form un V qui vient se fermer sous le nouveau pont. Si l'on song l'activité de circulation des bateaux à voyageurs, le dessin mon par lui-même, mieux que tous les discours, combien le pass sur cette partie de la Seine va devenir dangereux. Tel qu'il e le pont des Invalides constitue un passage médiocre : si on dor à ce passage médiocre 200 *m* de long, il va devenir absolum mauvais, et vraiment, en tant que faire des ouvrages nouvea il semble bien que ce ne soit pas sur les dimensions de ceux anciens qui laissent à désirer qu'il faille se régler.

En somme, si le pont des Invalides est conservé tel quel faut, pour bien faire que les espaces disponibles aillent en s'él gissant et non en se rétrécissant à l'amont et à l'aval de ce po ou bien, si le pont nouveau devait être exécuté tel qu'il est p jeté, il faudrait, pour les besoins de la navigation, ou refaire supprimer le pont des Invalides. Ne serait-il pas plus simple surélever le nouveau pont de telle façon que la corde libre hautes eaux sous plus de 5 *m* au lieu de 30 *m* en ait au mo 60 *m*, ce qui, sauf erreur, correspondrait à une surélévation 0,70 *m* à 0,80 *m*.

Je sais bien qu'on a fait grand bruit du risque de masque palais des Invalides vu des Champs-Élysées. Je crois même l'objection a été présentée d'abord par ceux qui voulaient obt qu'on ne fasse rien du tout aux Champs-Élysées, ni le nouv pont, ni la reconstruction du Palais de l'Industrie. Il me pa étrange qu'elle conserve quelque valeur aux yeux de ceux ont accepté la construction de la gare des Invalides. En tous faudrait-il l'examiner de près et, pour ma part, elle me pa plus que contestable. Qui donc s'attend à voir depuis le p un monument placé à près de 1 *km* de distance quand il n'est construit sur un terrain déjà surélevé? Il y a à Paris des p

très hauts, beaucoup plus hauts que nous ne voudrions voir celui qui va se construire : je ne citerai que le pont de la Concorde dont, que je sache, la grande hauteur ne nuit en rien à l'aspect de la place. En fait, il y a en présence une question d'utilité qui, elle n'est pas douteuse, et une question d'esthétique fort sujette à controverse.

Un dernier point, enfin. Sur le projet mis à l'enquête, les culées du pont étant figurées sous forme de massifs de maçonnerie pleins, suppriment tout passage entre les parties amont et aval des ports. Il y a lieu de remarquer que le pont doit avoir 40 *m* de large, que par conséquent pour ceux qui passeront dessous, c'est presque un tunnel. Des accidents, en matière de navigation, sont toujours possibles, et s'il est désirable qu'une communication soit ouverte entre les deux parties d'un port, il l'est plus encore que, en cas d'accident, quelques manœuvres restent possibles sur cette largeur de 40 *m* couverte par le pont : il est donc nécessaire que les culées soient ajourées.

En résumé, les desiderata de la marine se réduisent à ces trois points :

1° Déplacer le pont de quelques mètres de la rive gauche vers la rive droite;

2° Ménager des passages dans les culées;

3° Relever le pont de 0,70 *m* à 0,80 *m*.

Les deux premiers me semblent tout à fait essentiels en tout état de causes; le rejet du troisième conduirait par la force des choses, tôt ou tard, à refaire ou à supprimer le pont des Invalides. Mais, à vrai dire, tous trois nous paraissent d'une réalisation trop facile pour qu'on se laisse acculer à la nécessité d'en venir là.

Le projet dont je viens d'indiquer les dispositions essentielles a naturellement été soumis à la série des formalités administratives inévitables en pareille matière et qui, dans l'espèce, vu le peu de temps qui reste, ont seulement été menées un peu plus vivement qu'à l'ordinaire.

Il y a eu ouverture d'une enquête et ce que je viens d'exposer des objections de la marine n'est que le résumé des dépositions faites au dossier d'enquête avec une concordance et une unanimité absolues par les représentants des mariniers et des principales entreprises de navigation intérieure. De ces derniers, quelques-uns, sur leur demande, ont été entendus par la Commission d'enquête; ils ont pu, devant elle, exposer les demandes résumées ci-dessus, mais ils l'ont dû faire dans des conditions assez anor-

males et dont je désire, à cause de cela même, dire de
Une Commission d'enquête est, en effet, une façon de
qui devrait prendre ses délibérations après avoir entendu
la question qui lui est soumise par les diverses parties int
ceux qui soutiennent le projet mis à l'enquête et ceux
des motifs qu'ils ont à développer, y croient devoir dema
modifications quelconques. En d'autres circonstances j'
ma part, vu les choses se passer de la sorte : ici, rien d
les demandeurs étaient là représentés par des Ingéni
service de la navigation, auteurs officiels du projet (qui ce
d'ordinaire se montrent plus soucieux des intérêts de la
tion qu'ils ne l'ont été en le présentant sous sa forme act
des représentants et non des moindres des services de l
tion : ils n'étaient, je suppose, pas membres effectifs de
mission, mais n'en ont pas moins assisté en entier à ses d
tions. Les défendeurs ont, comme je viens de le dire, été
mais il ne leur a rien été répondu et ils ont dû immédi
se retirer. Comme, par ailleurs, la marine du commerce
dans la Commission aucun représentant, cette manière
n'a pas été sans leur inspirer des craintes sérieuses sur l
réservé à leurs demandes, sans même, si elles ont, co
crois, été repoussées par la Commission, qu'ils aient pu c
quelles objections on avait à leur opposer. L'affaire n'est p
cela jugée encore puisque la Commission d'enquête n'a
consultatif, et c'est une raison de plus pour qu'il vaille e
peine d'appeler sur cette question l'attention de tous ce
ont quelque compétence.

La chose en vaut certes la peine : quelques mots suffir
prouver. L'on sait quelle part importante a la navigati
rieure dans l'ensemble des transports du pays, et comn
part s'est accrue à la suite des travaux d'amélioration
voies navigables ont été l'objet durant ces vingt dernières
Pour ne citer que le port de Paris, son tonnage a passé d
lion et demi à 5 millions de tonnes en 30 ans.

Dans le même temps, le prix du fret entre le Nord
s'abaissait de 8 à 4 *f*. On peut, par là, juger combien o
tous les points de vue, rémunératrices les dépenses fait
l'amélioration des voies. Les dimensions des embarca
sont augmentées : celles qui circulent sur les canaux s
jours limitées par la grandeur des écluses, mais pour l
notamment, l'Administration, quand elle a présenté ses

aloir que leur exécution permettrait d'employer aux
:s de grands chalands de 800 à 1 000 *t*, capables de rece-
chargements comparables, par exemple, à ceux qui
sur le Rhin, et, de fait, l'industrie n'a pas manqué d'en-
; la voie qui lui était ainsi ouverte. Encore faut-il laisser
barcations la hauteur sous les ponts qui leur est indis-
. De vieux ponts, sur l'Oise, par exemple, qui faisaient
à l'amélioration poursuivie, ont été remplacés. Sur
core, le service de la navigation a obtenu que le pont
ue d'Argenteuil à Mantes, projeté par la Compagnie de
ıvec une pile en rivière, soit remplacé par le pont que
naissez, de 100 mètres d'ouverture. Sur la Seine, quel-
rages anciens, comme le pont de Sèvres, sont, en prin-
damnés, et à Paris, tout récemment, quand on en a dù
e un neuf, on a fait le pont Mirabeau. Tout cet ensem-
ravaux témoigne, de la part de l'Administration des
ublics, d'un esprit de suite dont on ne saurait trop la
nt elle doit elle-même se féliciter hautement, mainte-
elle peut constater les résultats obtenus, et dans lequel,
quent, il est à supposer qu'elle doit tenir à persister.
oint de vue, la présentation du projet qui nous occupe,
e quoi surprendre. Il est un point acquis, en effet, que
s omettre : c'est que, si le pont nouveau est construit
la préfecture de police est absolument résolue à res-
réglementairement la longueur des convois dans cette
Paris : la déclaration en a été faite d'une façon for-
vant la Commission d'enquête. L'on sait, du reste, que
on d'une canalisation quelconque se limite d'après
ses parties les plus rétrécies ou les plus encombrées
ors, il est permis d'éprouver quelque surprise à voir
avec facilité la construction d'un ouvrage neuf, de
venir empirer une situation que, sur tout le reste du
n s'est efforcé d'améliorer à grands frais et avec un réel

ait-ce pas qu'en l'espèce l'Administration des travaux
le peut plus agir seule, qu'elle a, à côté d'elle, celle de
ion; que la première se préoccupant surtout de l'utilité,
de est bien obligée de vouloir d'abord faire beau, plus
'on n'a fait encore; que l'une et l'autre, peut-être, tien-
p de compte de l'accueil fait par le public (on s'emballe
nt en France) à quelques objections trop aisément

acceptées contre la partie des projets qui concerne les Champ Élysées?

Que la direction de l'Exposition fasse très beau. Nous y appla dirons tous. Qu'elle occupe temporairement toute la place do elle a besoin, voire une grande part de la longueur de la Sein il faut bien, si l'on veut la fin, accepter quelque gène pour temps. Mais pour la partie de ses travaux qui doit être conserv à titre permanent, il nous sera bien permis de lui demander tenir compte des intérêts permanents du pays et ceux qui co cernent les industries de transport ne sont pas des moindres.

En l'espèce, nous ne voyons pas quelles objections on peu avoir à laisser aux rives de la Seine la forme qui avait, il y encore peu de temps, été adoptée alors que la question avait ét étudiée en tenant compte des grands intérêts à sauvegarder, — sauf à ajouter temporairement aux ports définitifs, les addition provisoires dont le besoin serait reconnu. Nous ne voyons pa davantage quelle objection on peut avoir à laisser au long de retombées des arcs une circulation possible.

Nous ne croyons aux inconvénients, même à un point de vu purement esthétique, de la légère surélévation demandée — o a bien enterré le bas du Louvre! et, si sur ce point nous no trompons, il reste un correctif possible et nécessaire, nou l'avons indiqué, c'est la suppression ou la réfection du po des Invalides.

La question nous a paru assez importante pour mériter d'a peler l'attention de la Société des Ingénieurs Civils de Franc L'industrie ne vit pas seulement des progrès techniques, qu dépend de chacun de nous de réaliser dans sa sphère d'activit elle vit beaucoup aussi, plus je crois, des conditions économiq générales au milieu desquelles elle doit se développer. Mai pour celles-là, nous dépendons, dans une large mesure, de to ce qui nous entoure, et c'est bien une raison de plus pour q nous cherchions à les discuter ensemble.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

P.-J.-C. VERGNOL

M. Vergnol, Paul-Joseph-Camille, né le 15 mars 1847, est décédé le 20 août 1896, à la suite d'une longue et douloureuse maladie.

M. Vergnol, sorti en 1869 de l'École Centrale avec le diplôme Ingénieur des Arts et Manufactures, est entré à la Compagnie des chemins de fer des Charentes où il a successivement rempli les fonctions de conducteur des travaux et de chef de bureau jusqu'en 1876, époque à laquelle il était attaché en qualité d'Ingénieur aux études et travaux du chemin de fer de Busigny à Hirson. La construction de cette ligne offrait de sérieuses difficultés dont rend compte un mémoire publié en octobre 1883, dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, sous la signature de M. Vergnol et qui ont été surmontées avec un plein succès.

A l'achèvement de ces travaux (février 1884), M. Vergnol entrait au service des lignes neuves de la Compagnie d'Orléans; il eu dans ce nouvel emploi à suivre les études et à exécuter la superstructure de lignes nombreuses parmi lesquelles celles de Civray au Blanc, de Confolens à Exideuil, de La Flèche à Saumur, etc.

Enfin, en novembre 1888, M. Vergnol était nommé Ingénieur du quatrième arrondissement de la voie à Périgueux, poste qu'il a conservé jusqu'à son décès.

Dans ces différentes fonctions, M. Vergnol s'est fait apprécier de tous ses chefs qui reconnaissaient en lui, avec une rare activité et une remarquable entente des travaux, un complet dévouement à ses devoirs.

CHRONIQUE

N° 202

SOMMAIRE. — Coût de la traction électrique sur les tramways. — Bateaux sous- — École polytechnique de Zürich. — Puissance absorbée par les machines à t le bois. — Emploi des substances désinfectantes et antiseptiques.

Coût de la traction électrique sur les tramways. - comptes rendus de la neuvième Assemblée générale (Stockholm de l'Union internationale permanente de tramways contiennent u intéressant rapport de M. P. van Vloten, Ingénieur à Bruxelles. question de la consommation moyenne d'énergie électrique en heure par voiture-kilomètre et par tonne-kilomètre et du prix de r du kilowatt-heure produit à l'usine, ce prix de revient compren main-d'œuvre, la consommation de combustible, matières grasses et les frais d'entretien des machines, chaudières et dynamos.

Le rapporteur fait d'abord observer que les documents obtenus l'enquête à laquelle il a procédé ne permettent pas, en général, d des conclusions précises, notamment, en ce qui concerne la consc tion moyenne d'énergie par voiture-kilomètre ou par tonne-kilo parce que la consommation d'énergie dépend, non seulement du des voitures ou des trains et du profil plus ou moins accidenté des l mais encore du rendement des appareils producteurs et récepteu la perte consentie dans la distribution et de l'habileté des condu des voitures. L'emploi du remorquage rend aussi la comparaison cile entre les exploitations ordinaires par voitures automotrices et qui font usage de la remorque.

D'autre part, si on envisage le prix du kilowatt-heure, on quera tout d'abord que la consommation de combustible (po prendre que l'un des facteurs de la dépense), est fonction, non ment de la quantité d'énergie à produire, mais encore du coeffici charge des machines et de leur système ; on peut ajouter aussi q divers combustibles ont des puissances calorifiques et des prix diff ce qui fait que la plupart des chiffres relatifs, soit à la consomma l'énergie, soit au coût du kilowatt-heure, ne sont généraleme comparables entre eux. Quant aux salaires des machinistes et chau ces dépenses peuvent être considérées, dans une certaine mesure, des frais généraux ; si on les rapporte au kilowatt-heure, elles di ront, toutes choses égales d'ailleurs, avec la quantité d'énergie pr il en résulte que les comparaisons entre les diverses exploitations sentent pas un intérêt direct. On peut dire à peu près la mêm des frais d'entretien et de réparation des installations motrices.

Ces réserves faites, le rapport donne les renseignements généra vants sur l'exploitation des stations de force.

Rendement des installations motrices. — Si l'on considère l'énerg rifique renfermée dans un combustible quelconque et le mode d' tion ordinaire de ce combustible pour la production de l'énergi trique par l'intermédiaire de chaudières, machines à vapeur et dy on arrive à la conclusion que le procédé en question possède un ment très faible ; bien que ce fait soit connu de tout le monde,

intéressant de citer les résultats d'essais faits dernièrement en Amérique en vue d'une communication à la Canadian Electrical Association.

Les expériences ont porté sur des machines à grande vitesse sans condensation (mais utilisant la vapeur d'échappement pour réchauffer l'eau d'alimentation). Si l'on poursuivait les essais sur des machines plus économiques et marchant à condensation, les conclusions ne seraient, du reste, pas très sensiblement modifiées.

En représentant par 100 l'énergie correspondante à la chaleur dégagée par la combustion, on a obtenu successivement :

Puissance calorifique du combustible.	100 »
Puissance disponible à la sortie des chaudières = 100 × rendement des chaudières = 100 × 0,6247 = ...	62,47
Puissance indiquée du moteur = 62,47 × rendement des conduites de vapeur × rendement théorique du moteur = 62,47 × 0,7823 × 0,09 = ...	4,4
Puissance effective disponible sur l'arbre du moteur ou de la dynamo = 4,4 × rendement organique du moteur = 4,4 × 0,823 = ...	3,62
Puissance disponible au tableau de distribution = 3,62 × rendement de la dynamo = 3,62 × 0,92 = ...	3,33

On remarquera que cette perte énorme de puissance ne provient pas de la transformation en énergie électrique, car les dynamos ont un rendement très élevé et que les chiffres donnés se rapportent à des machines travaillant à pleine charge, c'est-à-dire dans les meilleures conditions.

Consommation de combustible. — Pour les raisons exposées précédemment, les chiffres donnés par les diverses exploitations peuvent difficilement servir de base à une discussion approfondie, car les éléments d'appréciation manquent ou sont incomplets; le rapporteur croit donc préférable de remplacer la discussion de ces résultats par quelques considérations susceptibles d'intéresser directement chaque exploitant.

Un premier point qui mérite de fixer l'attention, est la détermination de la qualité du combustible qui, eu égard à son prix et à sa puissance calorifique, offre le plus d'avantages.

Choix du combustible. — Le combustible représentant une partie assez importante de la dépense nécessaire à la production de l'énergie électrique, il est rationnel de procéder à quelques essais sur les combustibles de diverses provenances.

Dans les essais à faire, la quantité de charbon brûlée ne doit pas être rapportée au kilowatt-heure produit, parce qu'en fait, ce rapport varierait avec la charge des machines. Il est préférable d'adopter une base plus constante et plus sûre qui est le poids d'eau évaporée par kilogramme de charbon. Les essais en question ne demandent que l'installation d'une bascule pour peser le combustible et d'un compteur d'eau à placer entre le réchauffeur et la chaudière.

Influence du coefficient de charge sur la consommation de combustible. — Afin de se rendre compte de l'influence du coefficient de charge sur la consommation de combustible des machines, on peut se rapporter au tableau suivant relatif à des expériences faites sur un moteur Willans

(communication faite à la Northern Society of Electrical Engine Manchester).

Charge de la machine.	*Kg* de charbon par cheval
20 0/0	3,315
30	2,450
40	2.155
50	1,950
60	1,815
70	1,700
80	1.590
90	1,545
100	1,500

Dans les installations centrales de tramways où la charge est g lement assez variable, on constate le même fait. Les chiffres ci-d relatifs à une installation américaine indiquent clairement que la sommation de combustible par kilowatt-heure augmente au fur et sure que la charge des machines diminue.

JOURS	KILOWATTS-HEURE PRODUITS	KILOWATTS-HEURE PAR MACHINE-HEURE	KILOGRAMMES DE CHARBON BRULÉ	KILOGR. DE CHARBON P. KILOWATT-HEURE	OBSERVATIONS
Samedi . . .	3 605	176	6 129	1 693	Le service de cette ligne compre trains de 2 voitures pesant à vide 92 par train, la consommation annuell nergie électrique par voiture-kilom varié de 320 à 341 watts-heures, la sommation de charbon par voiture a de 0 623 *kg* à 0 638 *kg*; la consomm de charbon par kilowatt-heure a va 1.830 *kg* à 1,957 *kg*.
Dimanche . .	2 585	131	5 176	2 002	
Lundi. . . .	3 405	166	5 468	1 680	
Mardi. . . .	3 555	173	5 993	1 684	
Mercredi. . .	3 590	122	6 770	1 973	
Jeudi	3 590	97	7 627	2 125	
Vendredi. . .	3 340	96	8 172	2 447	
Samedi . . .	3 685	112	7 763	2 007	
Dimanche . .	2 700	136	5 448	2 016	

Les conclusions à tirer de ces divers essais sont qu'il faut appo plus grande attention au fractionnement de la force motrice et la puissance normale des unités d'après les charges probables de l'

Lorsqu'on a affaire à une ligne accidentée dont le service est p tense, conditions qui ont pour résultat de provoquer de grandes tions de charge, il convient d'examiner l'opportunité de l'insta d'une batterie d'accumulateurs permettant aux machines de tra à pleine charge, on peut se rendre compte par les essais précédent malgré la perte inévitable due aux accumulateurs, cette soluti être avantageuse dans certains cas.

Consommation de vapeur. — Avec des machines modernes bie truites et des dynamos bien calculées, on peut compter que la c mation de vapeur ne dépasse pas dans les conditions ordinaires :

Pour des machines à un cylindre de 50 à 100 *ch* faisant de 100 à)urs par minute :

21,2 à 24,5 *kg* par kilowatt-heure sans condensation et
15,2 à 18,2 *kg* — avec —

Pour des machines à grande vitesse de même force, marchant à 500 tours sans condensation :

22,8 à 27,3 *kg*.

ur turbines à vapeur faisant 12 à 15 000 tours par minute :

20 à 23 *kg*.

Pour des machines compound (pression 7 à 8 *kg*) de 100 à 500 *ch*, ant de 100 à 200 tours par minute :

15,2 à 19 *kg* sans condensation,
12,1 à 14,4 *kg* avec —

s consommations sont réduites d'environ 10 0/0 par l'emploi d'une ıise de vapeur.

Pour des machines à triple expansion (1) de 500 à 1 000 *ch* et au- ıs :

9,85 à 10,6 *kg*.

rsque les consommations dépassent sensiblement ces chiffres, c'est ice que les machines sont mal réglées ou qu'elles présentent un dé- ju'il importe de faire disparaitre, il est nécessaire alors de prendre iagrammes à l'indicateur; dans les stations de quelque importance, ssais devraient même se faire régulièrement.

urniture de l'énergie électrique par les stations d'éclairage. — Avant sser à l'examen de cette importante question, il est intéressant de er les résultats de l'exploitation d'une des plus importantes stations rice mixte du continent, la Hamburgische-Elektricitäts Werke.

; stations centrales de Hambourg produisent à la fois l'énergie pour irage et pour la traction : le service des tramways est très impor- le réseau exploité couvre une zone d'environ 80 km^2; dans ces der- mois, l'exploitation qui est, du reste, à la veille d'être augmentée e par la mise en service de nouvelles lignes, était assurée par cent nte-douze voitures motrices et soixante voitures de remorque.

nergie électrique est fournie par deux stations, la première com- l deux machines de 500 à 600 *ch* et deux batteries d'accumulateurs nt à l'éclairage; de plus, quatre machines de même puissance des- nt les tramways (l'une d'elles restant en réserve).

seconde station est composée d'unités plus fortes, sa puissance to- st prévue pour 5 000 *ch*. Une particularité remarquable de cette lation (que l'on retrouve également dans la station mixte d'Aix-la- elle) est relative à la réserve, laquelle est constituée, soit par des ines à lumière donnant 200 volts, soit par des générateurs de ways donnant 550 volts. Quoique les machines soit différentes,

es machines à triple expansion ne conviennent que pour les grandes installations squelles la charge reste sensiblement constante ; lorsque la charge varie brusque- elles ne se règlent pas aussi vite que les compound, car le troisième cylindre e à l'action du régulateur.

elles peuvent indifféremment fournir l'énergie électrique au voltage convenable, soit au réseau d'éclairage, soit aux lignes de tramways.

L'artifice employé est le suivant : il existe dans la station des groupes de dynamos de même puissance et donnant respectivement 220 et 550 volts accouplées deux à deux ; comme chaque dynamo peut, au besoin, servir de moteur à celle qui lui est conjuguée, si on lui envoie du courant au voltage pour lequel elle a été construite. il s'ensuit que, par le moyen de ce transformateur tournant, la réserve motrice du tramway peut servir aussi bien pour l'éclairage que pour la traction et réciproquement la réserve motrice prévue pour l'éclairage peut être utilisée pour les tramways. En d'autres termes, les deux genres de machines peuvent s'entr'aider, ce qui permet de réduire considérablement l'importance de la réserve dans l'un et l'autre service. *(A suivre.)*

Bateaux sous-marins. — Dans son intéressante étude sur la navigation sous-marine publiée dans le *Bulletin* de juillet dernier de notre Société, notre Collègue, M. G. Pesce, cite, à la date de 1862, des essais faits à Philadelphie sur un bateau sous-marin imaginé par M. Villeroy, Ingénieur français, qui avait déjà expérimenté son invention à Noirmoutiers.

Le hasard nous a fait trouver les renseignements suivants sur un bateau construit bien antérieurement par un inventeur du même nom qui est probablement le même que celui cité par notre Collègue. Ces renseignements indiqués comme extraits du journal *le Temps* ont été trouvés par nous dans un ancien recueil appelé *le Compilateur* ou résumé mensuel de toutes les publications en langue française, année 1836.

Depuis longtemps on s'occupe d'expériences et d'essais de navigation sous-marine. Ce serait, en effet, une chose utile que cette possibilité de se mouvoir entre deux eaux, sans fatigue, sans crainte d'être étouffé ou noyé et d'avancer ainsi sans que personne au monde put avoir aucun indice de notre marche, pas plus que de celle d'un requin ou d'un esturgeon nageant à l'aise au milieu de l'élément liquide, sans crainte d'être compromis par son bruit ou ses mouvements.

Si les essais de M. Villeroy se continuent et s'ils sont, comme tout l'annonce, couronnés d'un entier succès, nous ne voyons plus pour une flotte le moyen de se préserver d'une destruction soudaine. L'ennemi pénétrera sans danger jusque dans les ports ; il choisira à son aise l'instant où s'élevant à la surface, il jugera convenable d'attacher aux flancs de sa proie la flamme qui doit la dévorer. Pour lui, disparaissant aussitôt au fond des flots tranquille au milieu de l'incendie, à l'abri de tout danger, il pourra demeurer spectateur de son œuvre de destruction et, si la rapidité de cette œuvre ne répond pas à l'impatience de ses désirs, sortir de nouveau de l'abime, en tirer avec lui des éléments d'une destruction nouvelle et disparaître encore aux yeux du matelot consterné de voir sortir du sein de la mer la flamme contre laquelle elle semblait jusque là assurer l'équipage.

Le bateau-poisson de M. Villeroy est une machine en fer ayant les formes et les mouvements d'un gros cétacé ; sa longueur est d'environ 17 pieds, y compris la queue, sur 5 pieds de diamètre ; quatre nageoires



ɜ chaque côté et disposées de manière à être mues de l'intérieur
ɑoyens de locomotion; elles sont manœuvrées par les quatre
formant l'équipage. Cinq verres placés de chaque côté de l'épine
. des distances convenables, laissent pénétrer assez de lumière
facilement à d'assez grandes profondeurs. Sur le flanc de la
il existe un appareil qui permet de passer les mains au dehors
ʼer des travaux ou pour chercher des objets perdus au fond des
ıdant des heures entières, sans aucune infiltration intérieure.
ersions et émersions s'exécutent avec une extrême rapidité au
'un mécanisme intérieur.
.t rester sans danger au fond des eaux *pendant deux heures sans*
ɜ et sans aucune espèce de communication avec la surface. Des pro-
simples sont employés pendant ce temps pour purifier l'air vicié.
ɪachine peut être appliquée, dit l'auteur : 1° aux sciences, pour
expériences et des observations au fond des eaux; 2° au com-
ɔur la pêche des perles, du corail et autres productions marines;
ıvetage, pour chercher des objets au fond de l'eau et pour con-
. bouées ou des amarres à des navires naufragés ou en danger;
ɪerre, pour traverser des escadres, pour entrer dans les ports et
sans être vu, pour communiquer sur les côtes et y débarquer
s, etc. La plus grande difficulté qu'avait à vaincre M. Villeroy
ɪut-être pas de donner à sa machine le mouvement, c'était
'obtenir une construction solide et qui permît à l'ensemble de
. de grandes pressions. Telle qu'elle est, la machine de M. Vil-
ıt naviguer à une profondeur de 21 pieds, ce qui est déjà énorme.
peut, sans la calculer, se faire une idée de la pression énorme
ortent les corps immergés. Les corps animaux, il est vrai, les
surtout, sont organisés de manière à n'en pas être incommodés.
en juger en calculant la pression que supporte la baleine lorsque
ar les harpons elle fuit dans les profondeurs de l'abîme à une
perpendiculaire qui n'est pas moins de 1 000 *m* à 2 000 *m*. La
a plus simple pour évaluer cette pression s'écrit ainsi : $D = shd$,
ire que la pression égale la portion de surface du corps immergé,
ɜe par le poids spécifique du liquide et par la hauteur du niveau
s du centre de gravité de cette surface.
ication de cette formule à l'eau donne approximativement une
de 10 *kg* par décimètre carré de surface pour chaque mètre de
ur. Supposant donc qu'un corps ait une surface de 1 000 dm^2,
terait, à 1 *m* de profondeur, 10 000 *kg* de pression et à 1 000 *m*
ndeur, à laquelle atteint la baleine blessée, une pression de
ɔns de kilogrammes.
ɪateau de M. Villeroy a une surface de 500 dm^2, on voit qu'à la
ɪur de 5 *m* seulement, il supporte une pression de 25 000 *kg*.
ut juger à présent du danger qu'a couru M. Villeroy, un jour
sait des expériences en présence de M. le préfet de police. C'était
e Saint-Ouen ; voulant prouver qu'il avait su vaincre la diffi-
plus grande de la navigation sous-marine, celle de rester long-
ɔus l'eau sans renouveler l'air de l'appareil, M. Villeroy, accom-
e ses trois hommes d'équipage, avait depuis longtemps disparu.

Messieurs de la police s'impatientant ou peut-être craignant ‹ accident, voulurent le faire revenir à la surface; on se mit d‹ recherche et on employa à cette recherche l'arme avec laqu bateliers tuent les noyés qu'a épargnés l'asphyxie, le formidab

Ce fut donc à grands coups de crocs qu'on fit la recherche du plongeur. On le trouva enfin; mais le croc donna par hasard dai des huit lunettes formant les yeux du bateau et brisa le verre e éclats. Qu'on juge de l'étonnement et de l'effroi de M. Villeroy en jaillir, avec une force de 60 livres et une vitesse de plus de 10 *m* par s‹ une énorme gerbe d'eau. Il n'y avait pas de temps à perdre ‹ présence d'esprit eut manqué à l'Ingénieur c'en était fait de l‹ ses compagnons. Heureusement l'un des hommes avait sur la bonnet; il le saisit et l'appliqua avec force contre le trou et parvi maintenir en appuyant son autre main à la paroi opposée. Ce fi cette situation qu'il donna l'ordre de remonter à la surface, où il Messieurs de la police ne se doutant de rien et qui parurent déconcertés de leur inexpérience scientifique.

Suit le récit, que nous ne reproduisons pas, de quelques expé faites, notamment aux États-Unis, relativement à la perméab bouteilles bouchées de différentes manières et descendues dans la de grandes profondeurs.

L'article se termine par les considérations suivantes :

Quel que soit l'avantage qu'on puisse tirer de l'invention de ! leroy, il faudrait qu'une telle embarcation fut douée d'une force gieuse d'impulsion pour lutter contre la vague. En pleine me pourrait être, parce que la vague ne marche pas, elle est parfait stationnaire, elle n'avance ni ne recule, mais seulement se sou s'abaisse comme ferait une toile qu'on tiendrait aux deux extr et qu'on agiterait sans bouger de place. D'ailleurs, quelque éleve paraissent les vagues aux yeux des personnes encore neuves d contemplation de ce spectacle, il est rare que la hauteur réelle au-du niveau ordinaire soit de plus de 10 pieds. Mais comme la dépı est égale à l'élévation, on peut dire que la vague a environ 2‹ d'élévation pour le navire qui est à son sommet.

Mais, sur les rives, cette élévation et cet abaissement ne p‹ avoir lieu : la vague soulevée, ne trouvant plus de fond pour s'ab se brise avec violence et jaillit en écume. Rien n'est beau con spectacle de ces longues lames qui s'avancent sur une longu‹ plusieurs lieues et qui, se dressant à mesure qu'elles s'appro finissent par former une muraille perpendiculaire et par tomber ‹ plomb sur la rive avec un fracas épouvantable. C'est là que la va‹ dangereuse : c'est lorsqu'un obstacle s'oppose à son passage ‹ déploie une force invincible; mais le navire paisible qui flotte à s face, au milieu des grandes mers, n'a rien à redouter de sa fureur

Nous ne savons si le bateau dont il vient d'être question est le que celui qui, d'après M. Pesce, aurait été essayé à Noirmoutiers qu'il en soit, il nous a paru intéressant de reproduire les renseigne qui précèdent tout en regrettant qu'ils ne soient pas plus comp plus détaillés surtout quant à la question technique proprement ‹

ole polytechnique de Zürich. — Pendant l'année 1895-1896, e polytechnique suisse a été fréquentée par 787 élèves réguliers, 441 Suisses et 346 étrangers.

élèves se répartissent comme suit sur les diverses sections.

	Suisses.	Étrangers.	Total.
ole d'architecture.	36	12	48
- du génie civil.	103	74	177
- de mécanique industrielle.	172	151	323
- de chimie industrielle section technique	56	74	130
- pharmaceutique.	7	2	9
- forestière.	25	2	27
- agricole.	13	11	24
- du génie agricole	9	»	9
section (École normale)	20	20	40
	441	346	787

s étrangers se répartissent comme suit entre les divers pays et les ses sections.

	ÉCOLE D'ARCHITECTURE	ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL	MÉCANIQUE INDUSTRIELLE	ÉCOLE DE CHIMIE industrielle: SECTION TECHNIQUE	ÉCOLE DE CHIMIE industrielle: SECTION PHARMACEUT.	ÉCOLE FORESTIÈRE	ÉCOLE AGRICOLE	GÉNIE AGRICOLE	SIXIÈME SECTION	
triche-Hongrie. .	2	13	47	18	—	1	2	—	2	85
emagne	2	8	22	13	—	—	1	—	6	52
ssie.	—	6	12	18	1	1	7	—	3	48
ımanie	4	20	5	—	—	—	—	—	—	29
ie	1	3	18	4	—	—	—	—	1	27
érique	—	2	10	2	—	—	—	—	3	17
ndinavie	—	8	4	3	—	—	—	—	1	16
nde-Bretagne . .	—	—	5	8	—	—	1	—	2	16
lande.	—	—	10	1	—	—	—	—	—	11
nemark	—	2	4	—	—	—	—	—	1	7
ce	1	2	1	3	—	—	—	—	—	7
embourg	—	4	3	—	—	—	—	—	—	7
quie	1	3	1	1	—	—	—	—	—	6
nce.	1	—	2	3	—	—	—	—	—	6
e.	—	1	2	—	—	—	—	—	—	3
bie.	—	—	1	—	—	—	—	—	1	2
agne	—	1	1	—	—	—	—	—	—	2
rique.	—	—	2	—	—	—	—	—	—	2
garie.	—	1	—	—	1	—	—	—	—	2
tugal.	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1
	12	74	151	74	2	2	11	—	20	346

Les élèves suisses appartiennent surtout à la Suisse allemande : a le canton de Zurich en fournit 81, Berne 43, Genève figure seulen pour 30, Neuchâtel pour 19 et Vaud pour 17, le Valais pour 8, Frib pour 7, etc.

Pendant l'année scolaire 1895-96, l'école a été fréquentée, en ou par 463 auditeurs (étudiants ayant obtenu l'autorisation de suivre tains cours); sur ce nombre, 156 étaient des étudiants de l'universit Zurich.

Le nombre total des élèves qui ont suivi l'enseignement pen l'année scolaire écoulée, se présente donc comme suit :

	787 élèves réguliers (94-95)	. .	757
	463 auditeurs —	. .	473
TOTAL. .	1 250 —	. .	1 230

La durée des cours est pour les écoles d'architecture, du génie civi de mécanique industrielle, et pour la section technique de l'école chimie industrielle, de sept semestres, pour la section pharmaceutiq de cette même école, de quatre semestres, pour l'école forestière de s pour l'école agricole et l'école de génie agricole de cinq, et enfin p la sixième section, de huit semestres.

Ces durées sont intéressantes à noter au moment où il parait être qu tion d'introduire dans les cours de l'École Centrale des Arts et Ma factures une quatrième année au moins partielle destinée à des co spéciaux qui ne peuvent trouver place dans les trois années déjà t remplies.

Un fait remarquable est qu'à côté de l'École Polytechnique, d'aut écoles qui donnent une instruction analogue à celle de certaines de sections ont acquis une grande prospérité. Il nous suffira de citer l'éc technique de Winterthur. Cette institution, fondée en 1878, a pris un gr développement. Elle a débuté avec 72 élèves, 5 professeurs et 4 prof seurs adjoints. Depuis lors, le nombre des élèves est allé toujours cr sant. Il était de 315 en 1889-90, et de 611 en 1895-96, non comp 150 simples auditeurs qui ne suivent que des leçons détachées.

Le corps enseignant compte maintenant 40 professeurs. Nous po rions citer un certain nombre d'autres exemples.

Puissance absorbée par les machines à travailler bois. — L'*American Machinist* donne les résultats de quelques e riences faites à l'arsenal de la marine des États-Unis à Washing pour apprécier la puissance absorbée par les machines à travaill bois, scies de divers systèmes, raboteuses, etc. Ces machines étaien tionnées par des moteurs électriques indépendants, et il suffisa constater la force électromotrice et la tension pour obtenir la puis à vide et en travail. Nous reproduisons ces résultats avec l'indic des circonstances dans lesquelles ils ont été obtenus dans les tab qui suivent.

ıture de la machine-outil et du travail accompli.	Ampères.	Volts.	Travail électrique consommé.	Travail absorbé par la machine-outil.
—	—	—	ch.	ch.
.rculaire de 0,711 *m* de diamètre 1 200 minute; avancement du bois à la main.				
r et scie marchant à vide.	14	180	3,4	2,1
d'une planche de chêne sec de 0,194 *m* :ur dans le sens des fibres; avance- *n* par minute	90	160	19,3	18,8
:irculaire de 0,610 *m* de diamètre ırs par minute.				
r et scie marchant à vide	12	200	3,2	0,8
: d'une planche de chêne sec de 0,152 *m* :ur dans le sens des fibres; avance- *n* par minute	50	190	12,8	11,0
: d'une planche de pin sec de 0,165 *m* :ur dans le sens des fibres.				
ement 4,6 *m* par minute	35	200	9,4	7,3
:irculaire de 0,336 *m* de diamètre ırs par minute, avancement du bois à				
r seul.	»	»	0,96	»
r et scie marchant à vide.	20	103	2,7	1,5
: d'une planche de chêne sec de 0,089 *m* :ur dans le sens des fibres; avancement .r minute	70	67	6,3	5,3
ı ruban de 1,883 *m* de diamètre de 160 tours par minute.				
.r et scie marchant à vide	45	200	12,1	10,4
: d'une planche de chêne sec de 0,273 *m* :ur dans le sens des fibres : avancement ır minute	65	185	16,1	14,8
: d'un plateau de pin sec de 0,419 *m* :ur, dans le sens des fibres; avance- ı bois 3 *m* par minute.	65	185	16,1	14,8
ruban de 1,067 *m* de diamètre de pou-) tours par minute; avancement à la				
ır seul.	»	»	0,96	»
ır et scie marchant à vide.	30	72	2,9	1,9
e d'un plateau de chêne sec de 0,305 *m* eur dans le sens des fibres : avancement ar minute	65	68	5,7	3,6
;e d'un plateau de chêne de 0,203 *m* de				

Nature de la machine-outil et du travail accompli.	Ampères.	Volts.	Travail électrique consommé.
—	—	—	— ch.
diamètre dans le sens perpendiculaire aux fibres ; avancement 1,5 *m* par minute	65	65	5,7
Scie à ruban de 0,711 *m* de diamètre de poulies, 480 tours par minute ; avancement à la main.			
Moteur seul	»	»	0,96
Moteur et scie marchant à vide	16	80	1,7
Sciage d'une planche de chêne sec de 0,076 *m* d'épaisseur dans le sens des fibres ; avancement 0,76 *m* par minute.	25	70	2,3
Sciage d'une planche de 0,083 *m* d'épaisseur dans le sens perpendiculaire aux fibres ; avancement 1,2 par minute.	25	70	2,3
Machine à raboter avec porte-outil de 0,628 *m* de diamètre entre les couteaux, 3 200 tours par minute.			
Moteur seul	»	»	0,96
Moteur et raboteuse marchant à vide . . .	18	100	2,4
Rabotage d'une planche de pin, épaisseur du rabotage 2,75 *mm* sur 0,457 *m* de largeur, mesurant 7,6 *m* par minute.	45	80	4,8
Machine à raboter avec porte-outil de 0,628 *m* de diamètre entre les couteaux, 2 250 tours par minute.			
Moteur seul	»	»	0,96
Moteur et raboteuse marchant à vide . . .	18	100	2,4
Rabotage d'une planche de pin sur 1,6 *mm* d'épaisseur et 0,457 *m* de largeur, avancement 3,35 *m* par minute.	29	92	3,6
Rabotage d'une planche de chêne sur 1,6 *mm* d'épaisseur et 0,165 *m* de largeur, avancement 3,35 *m* par minute.	29	92	3,6
Machine à percer, 750 tours par minute, descente de l'outil à la main.			
Moteur seul	»	»	0,96
Moteur et perceuse marchant à vide. . . .	20	70	1,9
Perçage d'un trou de 25 *mm* de diamètre dans du chêne, avancement 92 *mm* en 5 secondes.	30	55	2,2
Perçage d'un trou de 41 *mm* de diamètre dans du chêne ; avancement 25 *mm* en 7 secondes .	30	55	2,2

oi des substances désinfectantes et antiseptiques.
une étude sur la désinfection, publiée il y a déjà plusieurs le célèbre bactériologiste Koch émettait l'opinion que les onsidérés comme ayant peu d'efficacité comme désinfectants, it acquérir des propriétés plus actives si on les employait à pérature supérieure à la température ordinaire, et il indiquait qu'il y aurait à faire des recherches dans cet ordre d'idées. , le professeur Scolji, de Rome, publia les résultats d'expériences r l'accroissement des effets antiseptiques d'une solution faible ıné corrosif avec la température de cette solution. Des expé- ılus récentes, faites par Heider, sont rapportées dans un article ur A.-S. Young, secrétaire du bureau de salubrité de l'État du ıru dans le *Journal of Medicine and Science*. Elles se rapportent ts de diverses substances antiseptiques sur les sporules de ι.

olution d'acide carbolique à 5 0/0 ne détruit pas, à la tempéra- naire d'une chambre de malade, le bacille en 30 à 40 jours; pérature de 40° C, elle le détruit en 4 heures, à 55° en un laps de ui varie de 3/4 d'heure à 2 heures, à 75° en un temps qui 3 à 15 minutes.

olution contenant 5 0/0 d'un mélange en poids égaux d'acide ue pur et d'acide sulfurique, détruit le bacille en 2 heures à 0 minutes à 55° et en 1 minute à 75°.

olution à 5 0/0 de créosol pur et d'acide sulfurique à poids it en 1 heure à 40° et en 5 minutes à 55°.

olution de lysol à 5 0/0 ne détermine pas la stérilisation en à la température de 60°, tandis que la stérilisation est effec- nplètement en 5 minutes à 80°.

olution contenant 1 0/0 d'acide sulfurique ne produit aucun bout de 7 heures à la température ordinaire; à celle de 75°, complètement en 70 minutes.

lissolution de potasse caustique à 5 0/0, ne détermine pas la ion en 8 ou 10 heures à la température ordinaire d'une cham- e détruit les sporules à 55°, en un laps de temps variant de ure à 2 heures et, à 75°, de 2 à 10 minutes.

au à la température de 70° C, n'agit qu'au bout de 8 à 9 heures; e agit en 40 à 45 minutes et à 95° en 15 minutes.

ès le docteur Young, on peut donner plusieurs explications du les solutions antiseptiques agissent plus activement à chaud oid. D'abord, il y a la règle générale par laquelle les réactions ues augmentent d'activité avec la température; d'autre part, une n modérée de température favorise l'activité du développement téries et la rapidité avec laquelle les germes venimeux sont s. Mais lorsqu'il s'agit de bactéries sans spores, ce qui est e toujours le cas dans les questions générales de désinfection, eur humide joue un rôle direct dans la destruction de la vitalité téries, même lorsque la température reste modérée.

ilité pratique des recherches dont il vient d'être question, appa- immédiatement. D'abord, on peut concevoir des doutes très sérieux

sur l'efficacité de certaines méthodes de désinfection pendant la froide. Ensuite, on doit en conclure qu'il y a grand avan employer les solutions antiseptiques à une température notal supérieure à la température ordinaire.

Lorsque les objets à désinfecter ne doivent être soumis à des matières antiseptiques que pendant un temps assez co exemple, le lavage des parquets, des cloisons, meubles et autre en bois et, en général, d'articles pour lesquels on ne peu employer d'autre méthode, on obtient un grand avantage en a tant la rapidité et la certitude de l'effet par une élévation de la rature des solutions antiseptiques. Cette question paraît prése intérêt très réel, aussi nous avons cru devoir la traiter ici, d plus que les questions d'hygiène font à bon droit, aujourd'hui du domaine de l'Ingénieur.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES MINES

7e livraison de 1896.

Applications géologiques de la spéléologie. — Origine et rôle des cavernes, leurs variations climatériques, leurs rapports avec les filons, par E.-A. Martel.

La connaissance et l'étude des cavités naturelles du sol présentent un très grand intérêt pour les géologues, les ingénieurs et les hydrologues; elles ont été l'objet d'études depuis longtemps, mais c'est seulement depuis un siècle que ces études ont pris un caractère scientifique.

La note dont nous nous occupons examine d'abord l'origine et le rôle des cavités souterraines; l'origine doit être attribuée à deux causes principales : la préexistence des fissures des roches et le travail des eaux d'infiltration. On pourrait encore ajouter certaines causes spéciales, telles que les explosions ou le refroidissement dans les terrains volcaniques, les tremblements de terre, etc., mais ces causes sont d'importance tout à fait secondaire.

L'auteur traite ensuite des variations climatériques des cavernes qui n'ont, jusqu'ici, donné lieu qu'à des recherches très insuffisantes. La troisième partie étudie spécialement les cavernes du Peak dans le Derbyshire et leurs filons métalliques.

Pompes sans piston à transmission pneumatique, par M. de Montrichard, Inspecteur des forêts.

Le principe de ces pompes consiste dans l'emploi de l'air comprimé agissant directement sur le liquide à pomper à peu près comme la vapeur agit dans la machine de Savery, l'appareil fonctionnant par aspiration et par refoulement. Une disposition ingénieuse de systèmes combinés permet des aspirations et des refoulements considérables avec de l'air à une pression modérée.

L'auteur décrit une installation pouvant élever 10 m^3 d'eau par heure à 80 *m* de hauteur établie avec deux types; le premier, composé d'appareils à basse pression et sans détente, à courant intermittent; le second. d'appareils à courant continu fonctionnant à moyenne pression avec retour d'air au compresseur pour utiliser la détente. L'étude démontre que, dans les deux types, le rapport du travail moteur au travail effectif est sensiblement le même, soit de 3 environ.

Ces rendements sont, d'après l'auteur, beaucoup plus élevés que ceux des machines ordinaires. Cette supériorité tenant aux causes suivantes :

1° Deux pistons solides sont supprimés;

2° Lorsqu'on n'utilise pas la détente, on peut fonctionner à basse pression, quelle que soit la hauteur d'élévation à atteindre;

3° Lorsqu'on fonctionne à moyenne et haute pression, on retrouve dans le retour d'air au compresseur, la plus grande partie du travail de compression avec peu d'écart entre la température de l'air comprimé et celle de l'air détendu.

La construction est économique et les frais d'entretien, au delà du compresseur, à peu près nuls.

L'auteur a fait l'application de ce système à un moulin à vent qui fonctionne depuis 1891 et élève à 16 *m* de hauteur l'eau d'un puits de 10 *m* de profondeur situé à 80 *m* du moulin.

Commission du grisou. — Accidents survenus par suite d'**explosion tardive de cartouches de grisounite.** — Rapport présenté à la Commission par M. Sarrau, Ingénieur en chef des poudres et salpêtres, membre de l'Institut.

Un certain nombre de faits ont appelé l'attention sur des explosions tardives survenues avec des coups de mine chargés de grisounite. Le rapport conclut que, si l'on tient compte des avantages qui ont fait recommander l'emploi des grisounites et, en général, des dynamites à l'azotate d'ammoniaque dans les mines grisouteuses, les accidents survenus sont trop peu nombreux et trop peu importants pour qu'on puisse songer à interdire l'usage de ces matières, mais qu'il convient de recommander l'étude exacte des conditions où se produisent les accidents de ce genre, et l'emploi des précautions convenables dans la mise en œuvre de ces matières; en recommandant, par exemple, aux ouvriers d'attendre quelques minutes abrités avant de visiter le trou de mine, s'ils ont quelques soupçons d'une explosion incomplète.

La Commission du grisou a adopté les conclusions de ce rapport.

8e livraison de 1896.

Sur les **variations observées dans la composition des apatites**, des phosphorites et des phosphates sédimentaires. — Remarques sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates, par M. Adolphe Carnot, inspecteur général des mines, membre de l'Institut.

Dans cet important travail, l'auteur groupe une série d'observations nouvelles sur les divers gisements de phosphates, sur les variations qu'il présente leur composition, notamment au point de vue de leur teneur en fluor et sur les conséquences à en tirer relativement à leur mode de formation. Il étudie successivement :

1° Les phosphates cristallisés ou apatites;

2° Les phosphates concrétionnés ou phosphorites;

3° Les phosphates sédimentaires.

Ces observations comprennent les résultats d'analyses de divers phosphates, l'application de ces résultats et d'expériences nouvelles à la rectification, sur quelques points, des théories géogéniques relatives à

mode de formation des phosphates sédimentaires et, enfin, l'examen des phosphates contenus dans un certain nombre de terrains géologiques, avec une étude spéciale des gites algériens et tunisiens et de ceux des Etats-Unis, particulièrement de la Caroline du sud et de la Floride.

Théorie de la stabilité des locomotives. — Seconde partie, par M. J. Nadal, Ingénieur des mines.

Cette seconde partie est consacrée à l'étude du mouvement de lacet. Elle commence par des considérations sur les mouvements parasites consistant dans les réactions causées par la voie, les attelages, la pesanteur, les forces d'inertie, etc., et se continue par l'étude des forces provenant de l'action de la vapeur et de celles des pièces en mouvement rotatif. Cette étude amène l'auteur à conclure qu'en ce qui concerne certaines locomotives à cylindres extérieurs, dès que la perturbation verticale qui agit sur les roues motrices dépasse 5 000 *kg*, la roue ne peut plus exercer aucune pression sur le rail et peut même être soulevée. Cette circonstance, qui se produit à la vitesse de 113 *km* à l'heure, fixe une limite à la vitesse de marche.

Lorsque les cylindres sont intérieurs, le bras de levier des efforts exercés par la vapeur est très réduit et cette disposition paraît très avantageuse au point de vue de la stabilité. Il en est de même pour les locomotives compound à 4 cylindres dont 2 intérieurs et 2 extérieurs.

Le mémoire examine ensuite le frottement des roues sur les rails dans les mouvements latéraux, le mouvement de lacet en alignement et en courbe, le contact des mentonnets avec les rails, les chocs sur les rails, l'influence des jeux des essieux, enfin passe à l'examen des machines munies d'essieux convergents ou de bogies. La conclusion, à ce dernier point de vue est que la machine à bogie, rationnellement construite, doit être d'une parfaite innocuité vis-à-vis de la voie.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Juin 1896.

District de Saint-Étienne.

Réunion du 6 juin 1896.

Cette réunion a eu pour objet la visite des usines de la Société des forges et aciéries de Firminy.

Ces usines, possédant un haut fourneau, commencent les opérations métallurgiques au traitement de minerai pour arriver ensuite, soit au fer par les fours à puddler, soit aux aciers fondus de toute qualité par les fours Martin et les fours à creuset. Des transmissions électriques ont permis d'utiliser, à des distances de 80 à 100 *m*, l'excès de force des machines à vapeur déjà installées pour la mise en mouvement d'autres

ateliers. L'eau comprimée est employée comme système de transm à l'atelier des laminoirs à bandages.

La division générale de l'usine comporte une première aciéri deux fours à sole-acide de 20 à 25 *t* et grue fixe de 60 *t* à volée de 11 *m* de levage maximum, plus trois fours à creusets; une seconde a avec un four de 15 *t*, 4 de 12 *t* et 1 de 3 à 4 *t*; ce dernier est un Siemens nouvelle disposition, il dessert un atelier de moulage enclumes et petites pièces.

Il y a ensuite un atelier de modelage avec outils mus mécaniquer ce qui permet de n'avoir que 10 à 12 ouvriers, un atelier de tréf mu par une machine à vapeur de 300 *ch*. Un des produits les remarquables de cet atelier consiste dans les cordes de pianos, lesquelles, avec des diamètres un peu inférieurs à 1 *mm*, on obtien résistances à la rupture de 218 et 255 *kg* par millimètre carré. Ce peuvent supporter sans rupture au moins 120 flexions à 180°.

Le haut fourneau, à chemise réfractaire entièrement nue et port 8 colonnes en fonte, produit 60 *t* par 24 heures. Il est soufflé pa machine horizontale Farcot donnant, avec de 9 à 13 tours par mi 180 à 260 *m*³ dans le même temps d'air à 13-23 *cm* de mercure de sion. La vapeur est fournie par une seule chaudière tubulaire de 1 de surface de chauffe.

Viennent ensuite l'atelier de montage, l'atelier des ressorts, le p lage comprenant 12 fours à une seule porte de travail, avec 3 pilo 2 000 *kg* et un laminoir à massiaux, le laminoir à bandage actionn une machine de 300 *ch*, les forges qui comprennent un pilon de 40 *t* 2 fours à réchauffer et 2 grues de 50 et 60 *t*, l'atelier des enclumes, des essieux, de finissage des rails, etc.

Juillet 1896.

District du Centre.

Séance tenue le 12 avril 1896 à Montluçon.

Communication de M. Combalet sur **le croisement des Câ dans les plans inclinés.**

A la mine de Commentry, la concentration de l'extraction da puits unique extrayant 420 000 *t*, a nécessité l'établissement de inclinés de grande longueur. Le croisement des brins du câble po fonctionnement de ces plans simplifiant la manœuvre et, par cela mettant d'augmenter leur débit, a été employé pour quelques-un croisement a pour effet de faire circuler les convois chargés tou sur la même voie et les convois vides sur l'autre. Seulement il est n saire de prendre certaines précautions pour empêcher les brins du de frotter l'un contre l'autre et pour prévenir le frottement des bo des roues contre les rails que tend à produire la traction un peu obl surtout sur le sommet des plans.

On réalise le problème au moyen de dispositions de poulies qu' est difficile de faire comprendre sans le secours de figures.

Ces dispositions ont notamment été appliquées au plan incliné

:tion Saint-Louis qui a 220 *m* de longueur et rachète une diffé-
: niveau de 35 *m*; il peut débiter cent bennes à l'heure en des-
des convois de trois bennes.
les brins non croisés, le débit maximum ne pourrait dépasser
'ingt bennes et, les manœuvres étant plus pénibles, exigeraient,
, des ouvriers plus forts.

ıunication de M. Damon sur **le roulage et les efforts de** **ɔn.**

nêmes mines de Commentry, la concentration de l'extraction
puits central a conduit à des dispositions de voies sur lesquelles
re mode de traction que les chevaux paraissait difficilement ap-

obtenir de ces chevaux le maximum de travail, sans dépasser
.es permettant de les conserver dans un bon état d'entretien, on
's essais au moyen d'un chariot dynamomètre.
ıriot est constitué par un fond de benne en tôle porté sur des
ın crochet d'attelage, placé à l'avant, se relie à un levier coudé
à un flotteur plongeant dans l'eau; un crayon produit un enre-
ent des efforts sur un papier.
par parenthèse, assez curieux de noter qu'un appareil très ana-
ıais avec un flotteur plongeant dans le mercure, a été employé
eterre pour mesurer la résistance sur les premiers chemins de
environs de 1820.
trouvé, dans ces essais, que la résistance d'une benne sur voie
ale est de 5,70 *kg*, soit 1/117 ou 0,085.
vail des chevaux varie de 135 à 150 tonnes kilométriques totales,
6 à 68,5 tonnes kilométriques utiles par jour. Le prix moyen de
e d'un cheval et de son conducteur étant de 7 *f*. le prix de la
lométrique utile varie de 0,10 à 0,11 *f*. Ce prix de revient pourra
tre abaissé par la suppression de certaines sujétions.

rmination de l'orifice équivalent par expériences **nétriques,** communication par M. de Lachapelle.

:périences, faites à Saint-Éloy sur un ventilateur Ser, avaient
. de vérifier l'orifice équivalent de la mine, et de voir si les in-
; données par les manomètres n'avaient rien d'exagéré. On s'est
ur ces vérifications, de deux tubes reliés par des tuyaux en
ıuc à des manomètres à eau: ces tubes servaient à mesurer les
ɔns pour avoir la pression vive en chaque point et, par suite, la
On mesurait en même temps les nombres de tours du ventilateur.
périences ont montré la concordance presque absolue des ob-
ıs manométriques et anémométriques, et ont prouvé que l'ané-
: donnait des renseignements très exacts à la condition d'être
.es erreurs dues tant à la présence de l'opérateur qu'à l'irrégu-
; parois des galeries. Elles ont montré aussi, une fois de plus,
s les ventilateurs déprimogènes, comme le Ser, le débit, pour
: orifice équivalent, est sensiblement proportionnel à la vitesse
lateur.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 37. — *12 septembre 1896.*

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation par C. Busley.

James Watt et les principes de la construction de la machine à peur moderne, par A. Ernst *(fin)*.

Les navires de guerre à l'époque actuelle par Mendeck *(suite)*.

Détermination élémentaire des moments d'inertie, par A. Ba *(fin)*.

Groupe de la Haute-Silésie. — Dispositions de sûreté pour mac d'extraction.

Bibliographie. — Manuel de construction navale, par G. Rossi (ou en italien).

Correspondance. — Le rôle des écoles techniques supérieures.

N° 38. — *19 septembre 1896.*

Moulins à cylindres de Ludwigshafen, par G. Geissler.

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Budapest 1896, par Otto H. Mueller junior *(suite)*.

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley *(suit*

Expériences relatives a l'oxydation comparative des tôles de fi d'acier, par H. Otto.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Voies navigables en Allemagne.

Variétés. — École technique moyenne municipale à Era (Hanovre).

Correspondance. — Aperçu sur le calcul des efforts d'inertie.

N° 39. — *26 septembre 1896.*

Les moyens de transport aux expositions de cette année, par J. E mann.

Machines-motrices et machines-outils à l'Exposition bavaroise à remberg, par A. Héring.

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley *(suite*

Matériel des petites aciéries Bessemer d'après le procédé Walra Legenisel, par R. M. Daelen.

Estimation des pressions contre les parois des silos, par Prante.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Influence du vent sur la stabilité des che nées d'usines et sur la sortie de la fumée.

Correspondance. — L'acier coulé ou la fonte dans la construction dynamos.

Pour la Chronique et les Comptes rendus
A. MALLET.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 20146-10-96. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

NOVEMBRE 1896

N° 11

Sommaire des séances du mois de novembre 1896 :

L'Industrie du verre. Lettre de M. Léon Appert (Séance du 6 novembre), page 601 ;

...cès de MM. L. Barnoya, L.-S. Dulac, L. Sevoz, J. Voruz, D.-M. Le..., A.-A. Tresca (Séances des 6 et 20 novembre), pages 601 et 613 ;

...orations (Séances des 6 et 20 novembre), pages 602 et 613 ;

...lôme de 1re classe, obtenu par M. P. Boubée à l'occasion du ... Congrès des Ingénieurs et Architectes italiens (Séance du 6 no...bre), page 602 ;

...ille d'or, décernée à M. Alexandre Gouvy par la Société de l'Indus... minérale de Saint-Étienne (Séance du 6 novembre), page 602 ;

...ation de MM. G. Berger, L. Appert, A. Linard et F. Reymond, membres de la Commission supérieure d'organisation pour la ..., à l'Exposition internationale de Bruxelles en 1897 (Séance du ...mbre), page 602 ;

...tion de membres des Comités départementaux pour l'Exposition ...lle de 1900 (Séances des 6 et 20 novembre), pages 602 et 613 ;

...eberlein (Notice sur lui, adressée par M. Chabrand (Séance du ...bre), page 602 ;

9° *Travaux publics à exécuter à Sao Paulo (Brésil)* (Séance c
vembre), page 603;

10° *Brevets d'invention* (20 mai-1er juin 1896) (Loi russe sur
M. E. Bert (Séance du 6 novembre), page 603;

11° *Pullman City et la Question ouvrière aux États-Unis*, par M. I
et observations de MM. E. Cacheux et E. Pérignon (Séance
vembre), page 609;

12° *Nomination de M. Ch. Prevet comme membre du Comité consu
Chemins de fer* (séance du 20 novembre), p. 613;

13° *Encyclopédie Larousse* (offre à des conditions avantageus
(Séance du 20 novembre), page 614;

14° *Verre opale* (Applications du). Invitation de MM. Picard
visiter leur exposition et leurs ateliers (Séance du 20 no
page 614;

15° *Vente de l'usine de M. Frey* (Séance du 20 novembre), page 6

16° *Les Puits artésiens au Sahara*, par M. E. Lippmann (Séance c
vembre), page 614;

17° *L'Exposition de Nijny-Novgorod et l'industrie russe*, par M. I
zewski (Séance du 20 novembre), page 616;

Mémoires contenus dans le bulletin de novembre 1896 :

18° *La Pullman City et la Question ouvrière aux États-Unis*, pa
Hecht, page 620;

19° *L'Exposition nationale russe de Nijny-Novgorod et l'Industr*
par M. Zbyszewski, page 652;

20° *Les Forages artésiens du Sahara*, par M. Ed. Lippmann, p.

21° *Analyse d'une note de M. Henderson, sur le tiroir Allen*, pa
Mallet, page 705;

22° *Chronique* n° 203, par M. A. Mallet, page 711;

23° *Comptes rendus*, — page 724;

24° *Bibliographie*, — page 733;

25° *Planche* n° 186.

Pendant le mois de novembre 1896, la Société a reçu :

36350 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Les accu*
électriques, par F. Loppé (Encyclopédie scientifique d
mémoire) (petit in-8° de 203 p.). Paris, Gauthier-V
fils. G. Masson, 1896.

36351 — De M. Freund (M. de la S.). *Études sur les voies. Joint*
par M. Freund (in-4° de 37 p. autog.). Paris, Ma
et Cie, 1896.

36352 — De M. A. Bert (M. de la S.). *Le phénomène des ma*
A. Bert (grand in-8° de 85 p. avec 1 carte). Havr
Roy, 1896.

3 — De M. le Directeur de l'École Centrale. *Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies. École Centrale des Arts et Manufactures. Programme des conditions pour l'admission des élèves* (in-8° de 20 p.). Société anonyme de l'Imprimerie des Arts et Manufactures, 1891.

54 — Dito. *Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Colonies. École Centrale des Arts et Manufactures. Programme des cours* (in-8° de 210 p.). Paris, Imprimerie des Arts et Manufactures, 1888.

3355 — De M. le Directeur de l'École Polytechnique. *Ministère de la Guerre. École Polytechnique. Programme des connaissances exigées pour l'admission à l'École Polytechnique, en 1897* (in-4° de 7 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1896.

36356 — De l'Association française pour l'avancement des Sciences. *Association française pour l'avancement des Sciences. 24e Session. Bordeaux, 1895. 2e Partie. Notes et Mémoires.* Paris, Secrétariat de l'Association, 1896.

36357 — Dito. *Association française pour l'avancement des Sciences. Carthage et Tunis. 1re Partie. Documents officiels. Procès-verbaux.* Paris, Secrétariat de l'Association, 1896.

36358 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Amortissement de la dette publique et réforme budgétaire à l'aide des droits de succession. Lettre à M. Georges Cochery, ministre des Finances, par L.-L. Vauthier* (in-8° de 16 p.). Paris, Ve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36359 — De M. Charles Coda. *Résumé de la note parue dans le Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer (Bruxelles, janvier 1896) sur Les moyens économiques d'augmenter le débit des grues hydrauliques et abréger les arrêts des trains dus à l'approvisionnement d'eau des locomotives, par Charles Coda* (grand in-4° de 3 p. avec 11 fig.). Civitavecchia, 1896.

5360 — De l'American Institution of Electrical Engineers. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers. Vol. XII, 1895.* New-York City, 1896.

361 — De M. Th. Cambier (M. de la S.). *Le combustible en sucrerie. Étude sur les moyens d'en réduire la consommation, par Th. Cambier* (in-18 de 94 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1892.

362 — Dito. *Desiderata à réaliser en brasserie. Conférences données, par Th. Cambier* (in 8° de 43 p. avec 1 pl.). Anzin, Georges Gras, 1895.

363 — De la Chambre syndicale des industries électriques. *Chambre syndicale des industries électriques. Rapports présentés au nom de la Commission sur les tarifs d'expédition par chemins de fer des machines dynamos-électriques* (in-4° de 4 p. avec 1 pl.). Paris, Léon Cry, 1896.

36364 — De la North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. *Transactions of the North-East Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Vol. XII. Twelfth session 1895-96.* London and Newcastle-upon-Tyne, 1896.

36365 — De l'auteur, par M. Buttner-Thierry, éditeur. *La religion et la morale nécessaires, par un Ingénieur français* (in-8° de 69 p.). Paris, Buttner-Thierry, 1896.

36366 — De M. E. Horn (M. de la S.). *Le millénaire de la Hongrie et l'Exposition nationale. Collection de vues photographiques. Ouvrage publié par M. Jules Laurencic* (grand in-8° oblong de 208 p. avec nombreuses illustrations). Budapest, 1896.

36367 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Chaudières marines. Cours de machines à vapeur, professé à l'École d'application du génie maritime, par L.-E. Bertin* (grand in-8° de 436 p. avec 233 fig. dans le texte). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36368 — Dito. *Bibliothèque de l'Union des yachts français. Éléments d'astronomie et de navigation. Ouvrage conforme au programme des examens pour le brevet de capitaine de marine marchande, par J. de Chabannes La Palice* (in-8° de 233 p. avec 39 fig.). Paris. E. Bernard et Cie, 1896.

36369 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs et de l'auteur. *Nouvelle théorie des pompes centrifuges. Étude théorique et pratique, par E. Marchand* (in-8° de 189 p. avec 44 fig.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36370 — Dito. *Une nouvelle pompe centrifuge pouvant produire un nouveau moyen de propulsion des bateaux par réaction hydraulique, par E. Marchand* (in-8° de 84 p. avec 2 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36371 — De M. L. Lockert (M. de la S.). *Bibliothèque scientifique et technique du Touring-Club de France. Traité des véhicules automobiles sur routes, par Louis Lockert. III. Les voitures à pétrole* (in-18 de 295 p.). Paris, au Touring-Club de France, 1896.

36372 — De M. Béla de Gonda. *L'amélioration des Portes de Fer et des autres cataractes du bas-Danube, par Béla de Gonda* (grand in-8° de 265-14 p. et 1 pl. et 100 illustrations). Budapest, 1896.

36373 — De la Société Philomathique de Bordeaux. *Société Philomathique de Bordeaux. IIIe Congrès international de l'enseignement technique, commercial et industriel. Compte rendu des travaux, 16-21 septembre 1895* (grand in-8° de 749 p.). Paris, Guillaumin et Cie, 1896.

36374 — De M. G. Hanarte (M. de la S.). *Quelques réflexions relatives au cours de ventilation professé par M. Guibal à l'École des Mines du Hainaut, par M. Gustave Hanarte.* (Extrait des publications de la Société des Ingénieurs du Hainaut, tome IVe, 3e fascicule 1895, page 248) (in-8° de 18 p.). Liège.

— De Mme Vve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.), éditeurs. *Bibliothèque du Conducteur de travaux publics. Agriculture, par F. Pradès* (in-16 de 423 p.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

— Dito. *Bibliothèque du Conducteur de travaux publics. Charpente et couverture, par E. Aldebert et E. Aucamus* (in-16 de 370 p.). Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

77 — De M. Czyszkowski (M. de la S.). *Les venues métallifères de l'Oural, par M. Stéphen Czyszkowski. Octobre 1896.* (Extrait d'un rapport sur l'Oural) (in-8° de 47 p.). Paris, Baudry et Cie, 1896.

78 — De M. Pat. Doyle. *Pat. Doyle C. E. a Sketch, by J. Balforn Salisbury* (in-8° de 134 p.). Madras, 1896.

79 — De M. S. Czyszkowski (M. de la S.). *Exploration géologique et industrielle des régions ferrifères de Calabre (Italie), par M. Stephen Czyszkowski, Juin 1883* (in-8° de 45 p., avec 1 pl.). Alais, J. Martin, 1883.

0 — Dito. *Exploration géologique et industrielle de la région ferrifère de Vivero (Espagne) avec carte et coupe géologique, par M. Stéphen Czyszkowski. Rapport textuel. Juin 1880* (in-8° de 33 p., avec 1 pl.). Alais, J. Martin, 1880.

1 — Du Sécrétaria de Fomento, Colonizacion et Industria. *Anuario Estadistico de la República Mexicana 1894. Formado por la Direccion general de Estadistica à del Dr. Antonio Peñafiel. Año II n° 2. Mexico, 1894. Ministerio de Fomento* (in-4° de XIX-635 p.). Mexico, 1895.

— De M. H. Béliard (M. de la S.). *Exposition universelle d'Anvers 1895. Revue rétrospective, par M. Alph. Hertogs* (in-4° de 142 p., avec 2 pl.). Anvers, 1896.

— De M. S. Périssé (M. de la S.). *Association des Industriels de France contre les accidents du travail. Circulaire n° 7. Instructions concernant les mesures de sécurité dans les installations électriques* (in-8° de 3 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1896.

— De M. P. Sée. *Société Industrielle du Nord de la France, Écroulement d'une filature à Bocholt (Westphalie), par M. Paul Sée*, (in-8° de 13 p.). Lille, L. Danel, 1896.

— De M. E. Chabrand (M. de la S.). *Frein automatique à friction employé comme frein à main et frein continu. Description de l'appareil. The Heberlein Selfacting Railway Break C° Limited* (Dossier comprenant 10 pièces réunies dans un album format in-4°).

— De la Smithsonian Institution, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Fifteenth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior 1893-94, by J.-W. Powell, Director.* Washington, 1895.

36387 — De M. E.-A. Ziffer (M. de la S.). *Union internationale perm nente de tramways. Neuvième assemblée générale. Stockhol 1896. Rapport de M. E.-A. Ziffer sur la question suivante: Av vous des communications nouvelles à faire sur l'application moteurs mécaniques à la traction des tramways* (in-4° de 41 p Vienne, 1896.

36388 — De l'Institut égyptien. *Bulletin de l'Institut égyptien. Troisiè série. N° 6, année 1895.* Le Caire, Imprimerie Nationale, 18

36389 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *L'Éclairage. Éclaira électrique, par J. Lefèvre* (petit in-8° de 192 p.) (Encyclopéd scientifique des aide-mémoire). Paris, Gauthier-Villars fils. G. Masson, 1896.

36390 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Guide pratique d'éclair électrique* (7e volume de la collection. Petite encyclopédie él tro-mécanique, publiée sous la direction de Henry de Gra gny) (in-16 de 160 p. avec 64 fig. dans le texte). Par E. Bernard et Cie, 1896.

36391 — Dito. *Le monteur appareilleur électricien* (8e volume de la colle tion). Petite encyclopédie électro-mécanique, publiée sous l direction de Henry de Graffigny (in-16 de 160 p. avec 163 fig dans le texte). Paris, E. Bernard et Cie, 1896.

36392 — De M. G. Richard (M. de la S.). *La machine-outil moderne. Con férence faite au Conservatoire des Arts et Métiers le dimancl 7 juin 1896, par M. Gustave Richard* (Extrait des Annales d Conservatoire des Arts et Métiers. 2e série, tome VIII) (in- de 64 p. avec 62 fig. et 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars et fil 1896.

36393 — De M. F.-E. Schmidt (M. de la S.). *Association des propriétair d'appareils à vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise. Bu letin de l'exercice 1895.* Amiens, Ch. Jeunet, 1896.

36394 — Du Comité des Forges de France. *Comité des Forges de Fran Annuaire 1896-97.* Paris, 3, rue Scribe, 1896.

36395 et 36396 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Yacht and Boat Sailing, Dixon Kemp. Édition française traduite, annotée et augment par MM. Boyn et Martinenq. Deuxième partie. Navigation à vo et à vapeur* (grand in-8° de 412 p. avec 93 fig. dans le texte atlas de CII-XXXI pl. pliées format 30 × 23). Paris, E. Berna et Cie, 1896.

36397 — De M. Walther-Meunier (M. de la S.). *Essais de consommati et de rendement exécutés en 1895 et 1896 aux filatures et tiss de la Cité, à Mulhouse, sur une batterie de chaudières semi-tub laires établie par la Société alsacienne de constructions méca niques, à Mulhouse, et une machine à vapeur à triple expansi construite par M. Berger-André, à Thann. Résumé des exp riences par MM. Walther-Meunier et E. Ludwig* (Extrait d Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse, séance d 30 septembre 1896) (grand in-8° de 20 p. avec 1 pl.). Mulhous 1896.

—— De la Société civile d'études Le Progrès Moderne. *Exposition universelle de 1900. Le Palais tournant. Projet Ch. Devic* (une feuille de 500 × 325). Paris, Rose.

—— Du Ministère des Travaux publics. *Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1894.* Paris, A. Dencède.

00 — Dito. *Ponts et Chaussées. Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Résumé des observations centralisées pendant l'année 1894.* Pau, Garet, 1896.

401 — De la ville d'Angers, par M. O. Houbigant (M. de la S.). *Ville d'Angers. Congrès scientifique à l'occasion de l'Exposition nationale de 1895* (in-8° de 311 p.). Angers, Germain et G. Grassin, 1895.

6402 — Du Department of Public Works City of Chicago. *Mayor's Annual Message and Twentieh Annual Report of the Department of Public Works to the Council of the City of Chicago, for the Fiscal for the Ending December 31, 1895* (grand in-8° de XXXIX-256 p. avec un frontispice, une carte et 13 illustrations). Chicago, 1896.

36403 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Résumé des procédés électoraux par le vote cumulatif. Lettres à M. René Goblet, député de la Seine, par L.-L. Vauthier (août-septembre 1896), avec Appendice donnant la correspondance échangée entre le destinataire des précédentes et leur auteur* (in-8° de 52 p.). Paris, Ve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

36404 — De Mme Ve Ch. Dunod et P. Vicq (M. de la S.), éditeurs. *Manuel de téléphonie, par Maurice Gillet* (in-16 de 327 p. avec 252 fig. dans le texte). Paris, Ve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de novembre sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

B. Bassères, présenté par MM. Salgues, L. Parent, Gatg
Ch.-L.-T. Biver, — A. Biver, H. Biver, Chalm
L.-J. Chagnaud, — Candlot, de Dax, H. Zsch
J.-A. Crouet, — Buquet, Molinos, Bert.
P.-R. Deharme, — Baudet, Donon, E. Dehar
P.-B. Durey, — Buquet, Molinos, Bert.
Ch. Elwell, — Burguion, Chaillaux, Ro
D. Fayette, — Polonceau, Boyer, P. L nier.
L. Gassier, — Armengaud, Charlon, Do
L. Gérard, — E. Bourdon, Billaudot, Lon
E.-E.-M. de Goechter, — Buquet, Molinos, Bert.
P.-P. Gleize, — Sabathier, Delin, Cariman
G. Griffisch, — Minder, Escande, E. Colli
P. A.-E.-L. Griveaud, — Béranger, Genissieu, Pom
Ch.-J.-A. Jablin-Gonnet, — G.-R. Blot, Vaugeois, Marg
F. Jasinski, — Belelubsky, Ghercévanoff, Dax.
A. Kraeutler, — Peugeot, Bloch, G. Lévi.
H. Laval, — Sarcia, Massicard, Braun
V.-G.-M. Maubras, — Bohain, Chambrelent, Pro
W.-B. Parsons, — Hutton, Waddell, Fitz-G
E.-J.-P. Pommay, — Carimantrand, Lévi, Mall
J. Renous, — Buquet, Molinos, Bert.
L. Vignal, — E. Flachat, Picou, Tartar

Comme Membres associés, MM. :

L.-V.-A. Bohain, présenté par MM. Bohain, Chambrelent, Pro
F. Hennebique, — Parent, Martinez, Pillé.
B. Silvano de Mendonça, — de Dax, Alvim, Teixeira-S

RÉSUMÉ

DES

ROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE NOVEMBRE 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 6 NOVEMBRE 1896

PRÉSIDENCE DE M. L. MOLINOS, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT fait donner lecture de la lettre suivante de M. Léon pert au sujet du procès-verbal de la dernière séance :

« Paris, le 31 octobre 1896.

» MON CHER PRÉSIDENT,

» Je reçois le procès-verbal de la séance du 16 octobre au sujet du- el je n'ai qu'une seule observation à faire.

» Par suite d'une erreur de composition, sans doute, il est dit, au jet du moulage du verre (page 225), que *le procédé plus récent de mou- à la presse suivi de surchauffage par l'air comprimé...*

» Ce terme de *surchauffage* n'a aucune signification dans le cas pré- t, et doit être remplacé par celui de *sursoufflage*, mot peut-être nou- u, mais qui traduit bien le caractère de l'opération.

Je vous demanderai donc de bien vouloir attirer l'attention sur e erreur, qui rendrait l'alinéa non seulement inexact, mais incom- hensible.

» *Votre bien dévoué,*

» Léon APPERT. »

Il sera tenu compte de cette rectification au procès-verbal, qui est té sans autre observation.

L LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer les décès suivants :

. Luis Barnoya, membre de la Société depuis 1868, a été Ingénieur de la traction à la Compagnie des chemins de fer du Nord de l'Es- e;

M. Louis-Simon Dulac, membre de la Société depuis 1878, a été Ingénieur-Constructeur, vice-président de la Société des Inventeurs et lauréat de la Société d'Encouragement pour la combustion sans fumée;

M. Louis Sevoz, membre de la Société depuis 1891, a été Directeur de hauts fourneaux, forges et tréfileries et Ingénieur du Gouvernement japonais à Yokohama;

M. Jean Voruz, membre de la Société depuis 1857, a été constructeur de machines, député et Président de la Chambre de Commerce de Nantes, chevalier de la Légion d'honneur.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que plusieurs de nos Collègues ont été l'objet des distinctions suivantes :

M. Clermont vient de recevoir de S. M. le roi des Belges une croix civique de 1re classe ;

M. Zaborowski a été nommé commandeur de l'Osmanié et M. Jullin, officier du même ordre;

M. Paul Boubée a obtenu un diplôme de 1re classe à l'Exposition nationale qui a eu lieu à Gênes en septembre dernier, à l'occasion du huitième Congrès des Ingénieurs et Architectes italiens;

M. Alexandre Gouvy a obtenu une médaille d'or de la Société de l'Industrie minérale de Saint-Étienne pour l'ensemble de ses travaux;

MM. G. Berger, L. Appert, Linard et F. Reymond ont été nommés membres de la Commission supérieure d'organisation chargée d'étudier les questions relatives à la participation de la France à l'Exposition internationale de Bruxelles, en 1897.

Ont été nommés membres des Comités départementaux pour l'Exposition universelle de 1900 :

Bouches-du-Rhône, sous-comité de l'arrondissement de Marseil[illegible] MM. d'Allest, Duboul et Stapfer ; sous-comité de l'arrondissem[illegible] d'Arles, M. Le Sauvage;

Charente, sous-comité de l'arrondissement d'Angoulême, MM. B[illegible] et Sazerac;

Cher, sous-comité de l'arrondissement de Bourges, M. de Boisgrolli[illegible]

Corrèze, sous-comité de l'arrondissement de Tulle, M. F. Tourret[illegible]

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale plus spécialem[illegible] l'ouvrage sur les *Chaudières marines, cours de machines à vapeur,* [illegible] M. E.-L. Bertin, ouvrage offert par MM. E. Bernard et Cie, éditeur[illegible]

M. le Président annonce que M. Chabrand a envoyé à la Société [illegible] notice détaillée et des planches sur le frein Heberlein automatique à [illegible]tion, employé comme frein à main et continu. M. Chabrand nous [illegible] forme : 1° qu'il adressera les documents mentionnés ci-dessus à [illegible] des membres de la Société qui lui en feront la demande; 2° que la C[illegible]pagnie du frein Heberlein a l'intention d'organiser d'ici quelque te[illegible] sur une des lignes de la Société nationale des chemins de fer vici[illegible] belges, aux environs de Liège, une série d'expériences auxquelles [illegible] invite ceux de nos Collègues qui pourraient y trouver intérêt.

Ceux d'entre nous qui désireraient se rendre à cette invitation [illegible] priés de communiquer leurs nom et adresse à notre Collègue M. C[illegible]

rand, 174, boulevard du Hainaut, à Bruxelles, lequel leur fera connaître la date de ces expériences.

Nous avons également reçu du Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et Télégraphes une lettre appelant l'attention des membres de la Société sur le numéro du 29 octobre du *Moniteur Officiel du Commerce*, qui renferme une note relative à l'établissement, à Sao Paulo, de grandes galeries vitrées.

On peut se procurer des renseignements complémentaires à la direction du Commerce (Bureau des renseignements commerciaux), 80, rue de Varenne, Paris.

Enfin, nous avons été informés que deux concours sont ouverts par les Grands Magasins du Louvre :

1er concours : une voiture automobile.

2me concours : une horloge avec boite aux lettres.

Le programme de ces deux concours est déposé au secrétariat.

M. E. Bert a la parole pour une communication sur la *loi russe sur les brevets d'invention (20 mai-1er juin 1896).*

M. E. Bert dit que la Russie était autrefois un pays essentiellement agricole : il n'y a pas bien longtemps encore, elle importait la presque totalité des objets manufacturés nécessaires à sa consommation. Mais, depuis quelques années, de grands établissements industriels se sont créés, et ce pays commence à s'affranchir de l'industrie étrangère. Le nombre des fabriques et usines de tout genre est actuellement de 85 000 environ (en France, le nombre des usines de toutes catégories est de 37 019, d'après un rapport de M. Boutin, directeur général des contributions directes du 5 juillet 1890). Les principales industries sont les distilleries et brasseries (production annuelle : 600 millions de francs), l'industrie du coton (560 millions), les raffineries de sucre (430 millions), les meuneries et huileries (270 millions), l'industrie de la laine (200 millions), l'industrie du fer (170 millions), l'industrie du chanvre (110 millions), etc.

En ne considérant que les relations commerciales de la France et de Russie, on voit que les échanges s'élèvent à 306 millions par an, dont 2 millions d'importations en France et 24 millions seulement d'importations en Russie.

La Russie a considérablement étendu son réseau de voies ferrées, dans derniers temps; aussi, dans très peu d'années prendra-t-elle un rang portant parmi les pays manufacturiers.

En présence de cette extension de l'industrie, la nécessité de modifier législation qui régissait les brevets d'invention en Russie se fit de plus plus sentir, car la protection des inventions est indispensable au développement des progrès industriels. Le Gouvernement russe élabora un jet qui fut approuvé par l'Empereur à la date du 20 mai (1er juin) 1896. Jusqu'à cette loi, les inventions n'étaient protégées en Russie que par série de décrets, qui avaient été successivement promulgués, mais t les dispositions principales, fréquemment modifiées, n'étaient pas

toujours concordantes et présentaient surtout le grave inconvénient d'être souvent très vagues.

Les anciens règlements prescrivaient pour l'obtention des brevets des formalités fort longues et très coûteuses; aussi les demandes étaient-elles en nombre fort restreint. La nouvelle législation russe n'est pas exempte de toute critique, mais elle présente sur l'ancien état des choses de notables améliorations, qu'il a semblé utile, à M. Bert, de signaler à la Société des Ingénieurs civils de France.

Autrefois, il existait en Russie deux espèces de brevets : le brevet d'invention proprement dit, délivré à l'auteur d'une invention, et le brevet d'importation délivré à celui qui importait en Russie une invention dont il n'était pas l'auteur. La nouvelle législation ne reconnait plus qu'une seule espèce de brevet qui garantit l'usage exclusif des inventions concernant l'industrie, sauf quelques exceptions qui seront indiquées plus loin.

Pendant toute la durée du brevet, le breveté a le droit exclusif d'exploiter son invention ; il a le droit d'exercer une action en contrefaçon et en dommages-intérêts contre toute personne qui viendrait à en faire usage, même partiellement. Les étrangers ont les mêmes droits que les nationaux. « Les inventions, comme produit d'un travail intellectuel, n'ont pas de nationalité, a-t-on dit, c'est un don qui doit être respecté, qu'il nous vienne du centre de la Russie ou de l'étranger ; il n'y a aucune raison de distinguer, parmi les inventions, les nôtres de celles du dehors, et de faire des lois spéciales pour les inventeurs étrangers. »

Pour qu'une invention soit brevetable, il faut qu'elle présente un élément essentiellement nouveau, soit dans son ensemble, soit dans une ou plusieurs de ses parties, soit encore dans la combinaison originale de ses parties, lorsque celles-ci sont déjà connues séparément.

La loi ne dit pas ce qu'il faut entendre par « invention nouvelle », mais on trouve dans l'exposé des motifs du projet des indications suffisantes pour combler cette lacune : « Une invention industrielle doit être appelée nouvelle, y est-il dit, si elle était complètement inconnue, ou si elle était connue d'une manière générale, sans les détails essentiels qui permettent de la mettre en exploitation. La Commission pense qu'un brevet peut être délivré pour une invention fondée sur des faits scientifiques déjà connus auparavant, mais non encore appliqués à l'industrie, faute de recherches sur les détails correspondants. »

D'un autre côté, de la combinaison des paragraphes *c* et *d* de l'article dont il sera parlé dans un instant, il semble résulter qu'une invention ne devra pas être considérée comme nouvelle en Russie si, avant le dépôt de la demande de brevet, elle a été décrite dans une publication quelconque, ou bien si elle a été précédemment brevetée en Russie ou à l'étranger, ou bien encore si elle a été mise en application même en l'absence de tout brevet.

Pendant toute la durée de son brevet, l'inventeur (ou ses ayants cause) peut déposer des brevets additionnels ou certificat d'addition pour les perfectionnements ou modifications apportés à son invention.

Un certain nombre d'inventions sont exclues du bénéfice de la loi par l'article 4 ainsi conçu :

peut être délivré de brevet pour les inventions et perfectionne-

ui représentent des découvertes scientifiques et des théories abs-

)ui sont contraires à l'ordre public, à la morale et aux bonnes

ui, antérieurement à la date où la demande de brevet a été dépo-
té brevetés en Russie, ou y ont été appliqués sans brevet, ou qui
écrits dans la littérature d'une manière assez complète pour
tre reproduits;
ui sont connus à l'étranger sans brevet, ou qui sont brevetés au
ıe personne autre que le requérant, sauf le cas où l'invention
cédée à ce dernier;
ıi ne présentent pas un caractère de nouveauté suffisant, mais
être considérés comme des modifications de peu d'importance
à des inventions et perfectionnements déjà connus. »
re, il n'est pas délivré de brevet pour les produits chimiques,
res et dégustatifs, pour les médicaments composés, ni pour les
et appareils destinés à la fabrication de ces derniers.
ıne autre catégorie d'inventions est encore exclue du bénéfice
ce sont celles qui concernent la Guerre et la Marine.
est pas délivré de brevets pour des inventions et perfectionne-
rapportant aux munitions de guerre et à la défense de l'État, et
ıt être employés que par le Gouvernement, tels que des pièces
e, des projectiles, des capsules et autres accessoires de l'artil-
cuirasses de navires, des torpilles, des tourelles tournantes,
les inventions et perfectionnements se rapportant à des objets
e sert dans l'armée, mais qui peuvent aussi être employés par
ınes privées, tels que les armes à feu portatives, les cartouches
es, les balles et autres accessoires de ces armes, il peut être
s brevets, à la condition qu'ils ne soient pas invoqués contre
ères de la Guerre et de la Marine, et qu'ils n'empêchent pas
ers d'employer les inventions et perfectionnements susmen-
ıi de se livrer aux essais nécessaires. »
sposition, qui était contenue dans les anciens règlements et a
enue en vigueur, me paraît malheureuse.
figurait pas dans le projet élaboré par le Ministre des Finances,
sait aucune distinction entre les inventions quel qu'en fût leur
ment il proposait un correctif qui permettait d'exproprier les
ı se conformant aux règles suivies pour l'expropriation des im-
Les Ministres de la Guerre et de la Marine protestèrent éner-
t contre cette disposition sous le prétexte que, si les brevets sont
rands facteurs du développement de l'industrie, ils ne peuvent
e même effet en ce qui concerne l'art militaire; et ils eurent
t gain de cause, bien que le Conseil du Gouvernement, ou
es toutes les questions se rapportant à l'armée, ne partageât
nanière de voir. Le Conseil s'est arrêté à un compromis en
e l'expropriation des brevets ne pouvait être réglée par les

mêmes lois que l'expropriation des immeubles et il demanda qu
question fût régie par des dispositions particulières. En attendant
règlement relatif à l'expropriation des inventions soit élaboré,
couvertes concernant l'armée ne jouissent d'aucune protection en
et il est à craindre que cette situation ne dure longtemps.

Les inventions concernant l'art militaire sont divisées en
classes. La première comprend les objets « ne pouvant être em
que par le gouvernement » (canons, cuirasses, etc.), qui ne p
être brevetés; la seconde comprend les objets dont on se sert dan
mée « armes à feu portatives, cartouches métalliques, balles et
accessoires de ces armes » : les objets de cette classe peuvent être br
mais les brevets délivrés n'empêchent pas les Ministères de la
et de la Marine d'employer librement les inventions brevetées.
seconde classe a reçu, dans la pratique des Ministères susmenti
une interprétation un peu large. On commença à ranger parm
autres accessoires de ces armes » les inventions, telles que les
étriers, tissus imperméables, etc.; puis vint le tour de l'expressio
ployé par le Ministère de la Guerre et de la Marine » qui fut éte
toutes les commandes faites par lesdits Ministères à n'importe
fabrique privée. Toute industrie travaillant pour le Ministère
Guerre ou de la Marine se trouva enfin être à l'abri des poursuit

Sous l'empire de l'ancienne législation, les demandes de
étaient soumises à un examen préalable qui était pratiqué dans d
ditions déplorables. Le Conseil du Commerce et des Manufactures,
de ce soin, était composé de trois membres permanents et de
quatre membres élus parmi les grands commerçants et industriel
fonctions étaient gratuites. Un corps constitué dans de semblabl
ditions était bien mal préparé pour se prononcer en connaissa
cause sur les questions toujours délicates de la nouveauté réelle
la brevetabilité d'une invention. De plus, les réunions étaient bi
nombreuses : dans ces dernières années, le nombre maxim
séances n'a pas dépassé vingt-cinq par an, et le nombre des m
présents n'a été que de trois ou quatre (sauf une seule fois où
élevé à huit). Eh bien, le Conseil qui se réunissait en aussi peti
bre, à des époques éloignées les unes des autres, devait se pronon
chaque séance sur vingt-cinq à trente demandes de brevets, aussi
cisions ont-elles souvent donné lieu à des critiques très justifiées.
les demandes de brevets restaient un temps considérable sans so
il est arrivé, à M. Bert, de n'obtenir l'avis du Conseil que plus
ans après le dépôt de la demande d'un brevet.

Dans la nouvelle législation, le Gouvernement a réformé co
ment l'organisation de l'examen préalable : il est regrettable q
soit pas allé jusqu'au bout et ne l'ait pas supprimé.

L'examen préalable est, en effet, plus nuisible qu'utile, mêm
les pays où il est le plus sérieusement organisé, comme en Allem
aux États-Unis. Il ne donne pas à l'inventeur la certitude que
vention est nouvelle, et l'on a vu fréquemment des brevets délivr
des inventions qui n'étaient pas nouvelles ; mais un inconvénien
plus grave provient de ce que l'examinateur est toujours porté

les inventions comme n'étant pas nouvelles, et, par un refus non lé, il cause à l'inventeur un préjudice considérable. Les exemples nt nombreux, M. Bert rappelle seulement celui de Bessemer qui n'a u obtenir de brevet en Allemagne, et cependant qui donc aujour- oserait contester qu'il n'a été l'auteur du procédé qui a produit en lurgie de si merveilleux résultats?

în, l'examen préalable a encore un inconvénient, c'est que l'exa- eur oblige fréquemment l'inventeur à modifier la description ou vendications de son brevet, ce qui a souvent pour effet d'en modi- étendue et la portée.

ɔourquoi se donner tant de mal à examiner ainsi toutes les inven- pour lesquelles on demande des brevets? Ne vaut-il pas mieux que evets produisent tous leurs effets, en laissant aux tribunaux le soin :ider s'ils sont ou non valables? Là, nous avons un examen sérieux, nvention est étudiée et tous les documents produits sont discutés ɪrofondis, tandis qu'il n'en est pas toujours de même avec l'examen ıble à la délivrance du brevet.

France, il est déposé annuellement près de 9 000 brevets, sans er les certificats d'addition (en 1894, il a été déposé 8 845 brevets 38 certificats d'addition). En suivant les procès qui ont lieu à l'oc- ı des brevets, on constate qu'il n'y en a pas un sur mille dont la é soit demandée devant les tribunaux; faut-il pour ce cas si rare se ındre à examiner sans exception toutes les demandes? M. Bert ne it pas : à son avis, les inconvénients de l'examen préalable sont 'être compensés par les avantages.

ɔi qu'il en soit, la Russie a conservé le régime de l'examen préa- et, dans ce but, la législation nouvelle a organisé un Comité des es Techniques, qui a pour mission spéciale de déterminer, avec la précision possible, les parties nouvelles qui distinguent une in- n donnée de tous les autres appareils semblables; il doit se pro- r sur les questions, toujours délicates, de savoir si l'inventeur est vement en possession d'une invention nouvelle.

te demande de brevet est d'abord soumise à l'examen d'un mem- . d'un expert du Comité des Affaires Techniques, qui la transmet on rapport à la Section correspondante du Comité.

ant le Comité, l'examen des inventions peut avoir lieu en présence venteurs ou de leurs mandataires, mais les décisions sont prises r absence.

Comité des Affaires Techniques peut délivrer le brevet conformé- à la demande qui lui a été présentée par l'inventeur, ou bien il ıe l'accorder qu'avec certaines restrictions ou modifications, ou peut la refuser. La décision de la Section du Comité est accom- ɜ de l'indication des motifs du refus ou des restrictions et modi- ns qui y ont été apportées.

ı décision rendue par la Section du Comité ne donne pas satisfac- l'inventeur, il a le droit de former appel au Département du Com- et des Manufactures. Ce recours est soumis à des experts n'ayant is part au premier examen dans la Section du Comité, puis il est é par le Comité en séance plénière ; les experts qui ont pris part

au premier examen en section, peuvent assister à la séance plénière avec voix délibérative.

La loi du 20 mai comporte une disposition toute nouvelle en ce qui concerne le droit de demander la nullité des brevets délivrés ; elle est ainsi conçue :

« La délivrance d'un brevet n'empêche personne de contester devant les tribunaux, pendant les deux années qui suivent la publication de la description complète, le droit du titulaire à l'invention ou au perfectionnement breveté, soit dans leur ensemble, soit dans certaines de leurs parties, ainsi que la régularité de la délivrance du brevet. Après l'expiration de ce terme, le brevet ne pourra plus être annulé que par décision d'un tribunal criminel, en suite d'une poursuite pénale. »

En ce qui concerne la durée des brevets, une heureuse modification a été apportée au système antérieur. Autrefois, les brevets ne pouvaient être demandés que pour une durée de trois, cinq ou dix ans, et il fallait payer par anticipation une taxe considérable. Le Gouvernement russe a suivi dans la loi du 20 mai le système adopté dans la plupart des législations : la durée du brevet est fixée à quinze ans à partir de la date de la délivrance, mais l'inventeur a la faculté de renoncer au bénéfice de son brevet en cessant de payer les taxes annuelles.

Ces taxes sont proportionnelles : de 15 roubles pour la première année, elles s'élèvent à 400 roubles pour la quinzième ; leur ensemble formant un total de 2 130 roubles.

Lorsque le brevet est accordé, il est délivré à l'inventeur un titre officiel, et l'invention est publiée d'une manière détaillée et complète, dans le délai maximum de trois mois à partir de sa délivrance, dans un organe périodique spécial.

C'est là une disposition des plus heureuses, et l'adoption d'une mesure analogue en France serait bien à désirer. Alors que l'impression et spécialement la photogravure, ont fait des progrès si considérables, est-il admissible que les brevets français ne soient pas publiés dans leur intégralité, comme cela se fait en Angleterre, en Allemagne, en Suisse et maintenant en Russie? N'est-il pas regrettable que le Ministère du Commerce et de l'Industrie n'ait pas encore pris l'initiative d'une semblable mesure? Il existe bien, chez nous, une publication officielle des brevets mais elle ne présente aucune utilité, et elle coûte fort cher : elle ne présente aucune utilité d'abord parce qu'un très petit nombre de brevets sont publiés, et ensuite parce que ces brevets ne sont pas publiés textuellement : des rédacteurs (évidemment de bonne foi et croyant bien faire) modifient la description donnée par l'inventeur de son invention et souvent suppriment les passages les plus importants, de sorte que les personnes qui consultent cette publication peuvent rarement se rendre exactement compte de la portée des brevets, quand elles ne sont pas induites en erreur par les modifications du texte apportées par les rédacteurs.

Et pour s'opposer à la publication intégrale des brevets, le Ministère du Commerce et de l'Industrie ne peut même pas invoquer l'excuse de la dépense, car la publication des brevets coûte actuellement 153 934 francs par an ; or, il y a quelques années, on a proposé au Ministère du Com

merce et de l'Industrie d'imprimer intégralement le texte et les dessins de tous les brevets, moyennant une subvention égale au montant de ce crédit. L'État n'avait ainsi aucun supplément de dépenses à supporter, tandis que le public y trouvait le grand avantage de pouvoir se procurer, pour un prix minime, une copie textuelle de tous les brevets ; en outre, l'auteur de cette proposition offrait de remettre gratuitement un exemplaire de l'imprimé de chaque brevet dans toutes les préfectures et dans quelques bibliothèques importantes, de sorte que les brevets qui ne peuvent actuellement être consultés qu'à Paris, au Ministère du Commerce et de l'Industrie, auraient pu dès lors être consultés dans chaque département, ce qui eût présenté de grands avantages pour les inventeurs et les industriels résidant en province.

Les inventeurs versent à l'État près de trois millions par an ! ne serait-il pas raisonnable de favoriser et de faire quelque chose pour ces travailleurs ? Car, quoi qu'on en dise et quelles que soient les railleries dont on les accable parfois, ils n'en rendent pas moins d'immenses services à l'humanité, et c'est à eux que nous devons tous les progrès de l'industrie et les merveilleuses découvertes qui seront la gloire du XIXe siècle.

M. le Président constate avec plaisir que la Russie parait avoir réalisé des progrès sérieux sur l'ancienne législation des brevets, bien que la nouvelle ne soit pas parfaite, pas plus que chez nous d'ailleurs.

Il remercie vivement M. Bert de son intéressante communication, exposée avec beaucoup de clarté.

M. Ernest Hecht a la parole pour sa communication sur la *Pullman City* et *la Question ouvrière aux États-Unis.*

M. Ernest Hecht se propose de décrire l'immense cité ouvrière, aujourd'hui annexée à Chicago, et qui porte le nom de son fondateur, M. Pullman.

C'est à lui que l'on doit l'invention et la construction des voitures [pe]rfectionnées, bien connues de tous, qui ont constitué un progrès [ma]rqué dans le transport des voyageurs. M. Hecht résume brièvement [le]s premiers essais de M. Pullman, pour arriver, en 1867, à la création [de] la *Pullman's Palace Car Company* au capital primitif de 5 millions de [fra]ncs, porté depuis à 180 millions de francs, pendant que la Compa[gn]ie accumulait des réserves s'élevant aujourd'hui à 130 millions de [fra]ncs, et distribuait régulièrement à ses actionnaires un dividende [an]nuel de 8 0/0.

En 1880, M. Pullman transporte ses usines auprès de Chicago, dans [un] territoire alors désert et inculte, situé entre le lac Calumet et le lac [Mi]chigan, qui, aujourd'hui, est peuplé uniquement par les ouvriers et [leur]s familles, formant en tout une population de 15000 habitants.

M. Hecht passe rapidement en revue les usines Pullman, et fait visiter [su]ccessivement, à l'aide de projections photographiques, le hall du grand [mot]eur Corliss, le château d'eau, les forges et aciéries, la fonderie, les [...]s, la fabrique de vis, les ateliers de wagons à marchandises, de [tram]ways, le chantier des bois, etc. Il s'étend un peu plus sur la blan-

chisserie et la fabrique des roues de papier du système Allen de quelques modèles de *Pullman cars* complète cet exposé.

Passant alors à l'étude de la cité ouvrière proprement dite, l fait assister à son rapide développement. Fondée en 1881, *Pull* comptait 2000 habitants l'année suivante, et arrivait, en 189 passer le chiffre de 15000.

Sur les 6000 ouvriers, 1800 à peine sont originaires des Ét 1400 sont Scandinaves, 1200 Anglais et 800 Allemands; on n'y que 26 Français.

Le but de M. Pullman, en construisant ses gigantesques é ments, a été surtout, dit-il, de résoudre un problème social, l'accord du capital et du travail, basé sur la connaissance mu leurs droits et de leurs devoirs, et d'améliorer la condition des c tant au point de vue matériel qu'au point de vue moral.

Les salaires distribués par la Compagnie Pullman s'élèvent à par jour; la moyenne est de 10 *f* par ouvrier; le minimum d maximum dépasse quelquefois 20 *f*.

Il ne faut pas oublier, en examinant ces chiffres, que la vie, à (est beaucoup plus chère qu'en Europe, et que l'ouvrier, soun labeur extrêmement aride, est cantonné dans une spécialité dont difficilement à sortir.

Les habitations ouvrières constituent, surtout pour la Compa placement qui lui rapporte 6 0/0 l'an. Les ouvriers ne peuvent propriétaires des maisons qu'ils habitent, et leurs baux sont facilement révocables. On trouve dans ces immeubles toutes les de logement; le prix minimum est de 30 *f* par mois.

Le salaire des ouvriers leur est payé par quinzaine; on en d loyer dû à la Compagnie. C'est cet usage qui a été l'une des principales de la grève de 1894.

Cette visite à la *Pullman City* se termine par les vues photogra de l'Arcade, qui renferme la caisse d'épargne, la bibliothèque, le et les écoles.

Comme introduction à la grande grève de 1894, M. Hecht court historique de l'histoire des grèves aux États-Unis, en op la grève des ouvriers *(strike)* la coalition des patrons *(lock-out* racontant quelques anecdotes sur la mise en quarantaine de établissements *(boycott)*, et sur la mise à l'index des ouvriers patrons *(black list)*.

Les événements de 1894, débutant par une grève localisée (usines de la Compagnie Pullman, n'ont pas tardé à produire u sans précédent, qui a paralysé le commerce général et apporté le dans le pays tout entier, en causant des dommages incalculable

De septembre 1893 à 1894, la Compagnie Pullman se vit ob réduire le salaire de ses ouvriers de 25 0/0, et en même temps cuter pour 7 millions de travaux avec une perte nette de 260 00 refus de rétablir les anciens salaires amena une grève géné mai 1894.

L'alliance des ouvriers avec une puissante association des e de chemins de fer aboutit à la mise en quarantaine *(boycott)* des

r un grand nombre de lignes. La Fédération du Travail et les ers du Travail vinrent également se joindre aux grévistes, et ie de troubles, qui s'étendirent de l'Illinois aux États voisins, èrent l'intervention des troupes fédérales.

re part, les directeurs des vingt-quatre Compagnies de chemins boutissant à Chicago, constitués en syndicat, offrirent leur appui npagnie Pullman qui se refusa à tout arbitrage.

ue, à la fin de juillet, la grève eut pris fin, elle avait coûté 0 *f* de salaires aux seuls ouvriers de la Compagnie Pullman, lions aux employés des chemins de fer ayant leur terminus à ı. Les Compagnies de ces derniers réseaux avaient perdu pour ons de recettes. Quant aux pertes totales, subies par le pays, lstreet les évalue à 400 millions de francs.

rminant, M. Hecht s'approprie la conclusion de M. Carrol ght, président de la Commission d'enquête de 1894, qui déclare ns cette grève, une égale part de responsabilités incombe aux et aux grévistes. Personne des deux côtés ne se soucia, à aucun t, des droits du public, et ne se demanda quel tort l'extension ıongation de la grève devait causer aux tiers qui n'y étaient pas és directement. C'est faute d'avoir perdu de vue cet ordre que les auteurs responsables de la grève de 1894, quels qu'ils ınt semé autour d'eux tant de ruines.

Président adresse ses remerciements à M. Hecht pour sa communication aussi intéressante que bien présentée.

té un peu déçu dans l'espérance qu'il avait conçue de voir exposer ative de solution nouvelle à cette question sociale si obscure des entre patrons et ouvriers. D'après ce qu'a dit M. Hecht, il qu'aucun effort n'a été fait dans ce sens par M. Pullman qui 'avoir fait qu'une opération industrielle.

Cacheux qui a lu quelques rapports officiels au sujet de la n City y a vu que la mortalité ne s'élevait qu'à 8 0/00 en 1883; ue cette situation favorable (de même que les 18 0/00 annoncés Hecht) à ce que cette ville renferme beaucoup d'adultes.

également lu que la Pullman City est admirablement aménagée de vue de l'écoulement des eaux ménagères et de l'enlèvement itus. Cette dernière opération serait faite mécaniquement et les seraient répandus dans des champs environnant la ville, de ue les eaux ménagères serviraient à l'arrosage d'environ 35 *ha* in où se fait la culture maraîchère.

it intéressant de savoir si ces champs n'ont pas été mis à la on des ouvriers, et si ceux-ci ne profitent pas de quelques ins- économiques comme cela s'est pratiqué à Mulhouse dès le la création des cités ouvrières.

les eaux du lac Michigan ne sont-elles pas devenues malsaines ıe des agglomérations importantes y déversent leurs détritus? aux maisons garnies pour ouvriers, il doute qu'elles soient d'un ort; la majeure partie de celles qu'il connait constituent un placement.

M. Hecht répond à M. Cacheux qu'il a pu vérifier dans les rapports le chiffre de mortalité de 18 0/00 qu'il a annoncé.

En ce qui concerne les champs d'épandage, il les a vus, en effet, mais c'est la Compagnie Pullman qui en fait l'exploitation à son bénéfice, les ouvriers n'y ont aucune part.

Quant aux eaux du lac Michigan, elles sont, en effet, malsaines, comme on le constate à Chicago, mais ce ne sont pas elles qui alimentent Pullman City; l'eau qu'on y consomme vient du lac Calumet et son analyse est celle d'une eau très pure.

M. E. Pérignon dit qu'il a constaté qu'un des grands obstacles à la réussite des cités ouvrières est justement l'antipathie que l'ouvrier éprouve pour la vie en commun.

M. Hecht dit qu'il ne s'agit pas en l'espèce d'une cité ouvrière comme nous l'entendons ici, mais d'une agglomération d'habitations particulières.

Ces habitations sont, du reste, très bien aménagées; dans un dixième il y a une salle de bains; à partir d'un certain loyer il y a le chauffage à la vapeur, l'eau, etc., pour lesquels le locataire paie certaines redevances.

M. E. Pérignon fait observer que ces frais absorbent à Pullman City presque tout le salaire de l'ouvrier et qu'il ne lui reste plus grand'chose pour sa nourriture et son entretien.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. Ch.-L.-T. Biver, L.-J. Chagnaud, P.-R. Deharme, L. Gassier, L. Gérard, P.-A.-E.-L. Griveaud, E.-J.-P. Pommay comme membres sociétaires et M. F. Hennebique comme membre associé.

MM. B. Bassères, J.-A. Crouet, P.-B. Durey, Ch. Elwell, D. Favette, E.-E.-M. de Gœchter, P.-P. Gleize, G. Griffisch, Ch.-J.-A. Jablin-Gonnet, F. Jasinski, A. Kraeutler, H. Laval, V.-G.-M. Maubras, W.-B. Parsons, J. Renous, L. Vignal sont reçus comme membres sociétaires et M. B. Silvano de Mendonça comme membre associé.

La séance est levée à 10 heures et demie.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 20 NOVEMBRE 1896

Présidence de M. L. Molinos, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer les décès suivants :

M. D.-M. Legat, membre de la Société depuis 1866, a été ingénieur-constructeur, auteur de nombreuses inventions, Président de l'Association des inventeurs et artistes industriels.

M. Alfred-Auguste Tresca, membre de la Société depuis 1863, a été professeur et membre du Conseil à l'École Centrale, professeur à l'Institut agronomique, inspecteur régional de l'enseignement technique, membre du Conseil de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, chevalier de la Légion d'Honneur, secrétaire de la Société de 1868 à 1876 et membre du Comité en 1877 et 1878.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que M. G. Canet a été nommé commandeur du Soleil Levant, et que M. Ch. Prévet a été nommé membre du Comité consultatif des chemins de fer.

Il signale en même temps les nombreuses nominations des membres de la Société comme membres des Comités départementaux de l'Exposition universelle de 1900 :

Doubs, sous-comité de l'arrondissement de Montbéliard, MM. Bourcart et A. Peugeot ;

Eure, sous-comité de l'arrondissement d'Évreux, M. Niel ;

Eure-et-Loir, sous-comité de l'arrondissement de Chartres, MM. Bethouart et Brault ;

Gironde, sous-comité de l'arrondissement de Bordeaux, MM. J. Avril, Cazes, Lagache, Manès ;

Haute-Garonne, sous-comité de l'arrondissement de Toulouse, M. A. Girard ; sous-comité de l'arrondissement de Muret, M. A. Cauvet ;

Hérault, sous-comité de l'arrondissement de Montpellier, M. Cazalis de Fondouce ;

Ille-et-Vilaine, sous-comité de l'arrondissement de Rennes, M. Maurat-Deneubourg ;

Isère, sous-comité de l'arrondissement de Grenoble, MM. A. Bergès, A. Bravet, Ch. Carron, N. Cornier et de Renéville ; sous-comité de l'arrondissement de Saint-Marcellin, M. A. Blanchet ;

Jura, sous-comité de l'arrondissement de Dôle, M. Audemar ;

Landes, sous-comité de l'arrondissement de Mont-de-Marsan, M. Dulau ;

Loire, sous-comité de l'arrondissement de Saint-Étienne, MM. P. Arbel, Brustlein et Imbert;

Loire-Inférieure, sous-comité de l'arrondissement de Nantes, MM. Guillet de la Brosse, Buffet, Jamin et Lotz-Brissonneau;

Loiret, sous-comité de l'arrondissement d'Orléans, MM. Arnodin et Fauconnier; sous-comité de l'arrondissement de Gien, M. Loreau.

Manche, sous-comité de l'arrondissement de Saint-Lô, M. R. Le Brun; sous-comité de l'arrondissement de Cherbourg, MM. H. Hersent et A. Simon.

Marne, sous-comité de l'arrondissement de Reims, MM. A. Co... Maire, Marteau, E. Mathieu, A. Poitevin et Walbaum.

Marne (Haute-), sous-comité de l'arrondissement de Wassy, M. G. Duvaux.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale l'ouvrage de Dixon Kemp, intitulé *Yacht and Boat Sailing*. Édition française traduite, annotée et augmentée par MM. Boyn et Martinenq. 2e partie. Navigation à voile et à vapeur, ouvrage qui nous a été offert par MM. E. Bernard et Cie, éditeurs.

Il signale également le don fait par Mme Ve Ch. Dunod et P. Vicq, éditeurs du *Manuel de Téléphonie*, de Maurice Gillet.

M. le Président informe la Société que M. Tronche, représentant de la maison Houssiaux, libraire-éditeur, 7, rue Perronet, lui a fait des offres pour livrer aux membres de la Société les dix-sept volumes de l'Encyclopédie Larousse dans des conditions avantageuses dont on pourra prendre connaissance au Secrétariat.

M. le Président a reçu une lettre par laquelle MM. Picard et C..., 111 et 113, rue de Reuilly, convient les membres de la Société à visi... leurs ateliers et salon d'exposition où ils trouveront de nombreux sp... cimens d'applications du verre opale.

D'autre part, M. le Président informe les membres de la Société qu... par suite du décès de notre regretté collègue, M. Frey, son usine sit... 23, rue de l'Atlas, sera mise en vente le 1er décembre prochain. Ce... des membres de la Société que cette vente intéresserait trouveront t... les renseignements au Secrétariat.

M. le Président donne la parole à M. E. Lippmann pour sa comm... nication sur *les puits artésiens au Sahara*.

M. E. Lippmann rappelle que le sujet qu'il va traiter a déjà fait l'... jet de plusieurs communications de 1856 à 1870. Il se propose de ré... l'historique de la question et de donner l'ensemble des résultats obt... depuis quarante ans, par les forages artésiens du Sahara; mais il... cherchera surtout l'orientation, ou mieux le lieu de naissance des na... souterraines de cette contrée, parce qu'il est du plus haut intérêt de... voir la direction utile à donner aux nouvelles recherches qui peuve... doivent encore être faites.

Il commence par dire que le Sahara n'est pas, comme on l'a cru lo... temps, un grand bras de mer desséché : c'était, au contraire, une co...

ıplée et sillonnée de puissants cours d'eau. Mais à la suite des ›uvements géologiques auxquels sont dus les soulèvements gnes de l'Europe, il n'arrive plus rien, dans ces régions, des ıides qui suivent le courant naturel des vents appelés, de l'atglacée du pôle boréal, vers les régions tropicales de l'équateur. :sant septentrional de l'Atlas on voit encore certains cours à la condensation des dernières vapeurs de la Méditerranée; ant méridional il n'y a plus que quelques rares torrents éphé.t l'eau se perd promptement sous le sable du désert. Les couınt du pôle austral traversent une beaucoup plus grande surıe avant d'arriver sur le continent africain; mais leurs nuées ses se condensent aussi sur les hautes barrières des monts de la Lune, du Congo, pour former les cours puissants du Niger, du Nil, etc. : seulement il importe de remarquer, dès maine les cours d'eau anciens et disparus avaient toutes raisons rincipalement du sud comme ceux-ci.

a disparition de l'eau atmosphérique dans ces régions, l'ar›leil et l'action de l'air ont désagrégé les rochers pour produire ı qui, sous l'action des vents, a nivelé le sol de ces steppes :s, dans lesquelles on trouve heureusement, de distance en les oasis, soit dans les oueds, où il y a un peu de circulation ıvers le sable superficiel; soit dans les endroits où l'eau peut dans des puits peu profonds; ou bien où, après avoir reconnu d'une nappe à 4 ou 5 mètres du sol, on déblaie sur une cerrficie pour loger des jardins dans ces cavités; enfin partout ›ssible d'exécuter un puits artésien.

mann rappelle que l'origine des puits artésiens remonte aux liques; par de nombreuses citations, il fait voir que, dans s plus reculés, ils étaient bien connus en Syrie, en Égypte, et hariens d'Afrique exécutaient de tels travaux longtemps avant lement ceux-ci usaient de procédés primitifs, barbares, meurse sont conservés jusqu'à et même après l'arrivée de la sonde française dans ces régions.

1856, grâce à l'initiative du général Desvaux qui commane époque, la colonne expéditionnaire, et à la sollicitude du madon, gouverneur de l'Algérie, que fut organisé le premier forages, après une exploration faite par Ch. Laurent et sous n de l'Ingénieur Jus. Le sondage fut commencé le 17 mai à l'amerna, et le 9 juin, c'est-à-dire en vingt-trois jours, on obteprofondeur de 52 *m*, une nappe jaillissante débitant plus de r minute. Et, pendant quarante années consécutives, sans rruption que celle de la funeste campagne de 1870-71, la sienne française continua ses succès, particulièrement dans le le Hodna oriental et occidental, aux environs de Tougourt, h, et surtout dans l'Oued Rir' qui fut largement ouvert à la ›n. Les forages s'exécutaient avec la main-d'œuvre militaire : ›rs dirigés, l'un par le lieutenant Cail, du 3e bataillon d'Afri.tre par le sergent Gilbert du même bataillon fonctionnen .uellement dans le Hodna et dans l'Oued Rir'. Les travaux

sont suspendus, tous les ans, de fin mai au commencement de nover

Du 1er juin 1856 au 1er juillet 1896, les seuls ateliers militaires Province de Constantine ont exécuté 772 forages formant une long totale de 34 114 *m*; et ils ont obtenu 452 nappes ascendantes utilisé 320 nappes jaillissantes. Ces dernières débitent à elles seules journ ment 8 175 000 *l* d'eau vive et fertilisante.

M. Lippmann s'occupe enfin de la direction que doit suivre le co souterrain des nappes artésiennes; en s'appuyant sur les considéra générales qu'il a exposées au début, et par des déductions de faits lui semblent manifestes, il arrive à conclure que ces eaux doivent du sud : il serait à souhaiter qu'il eût raison, car en suivant cett rection, la sonde artésienne prêterait un précieux concours à l'exéc du transsaharien, et contribuerait puissamment à l'ouverture de grande voie si utile pour le commerce de la France et pour la prosp de nos colonies africaines.

M. le Président remercie M. Lippmann et dit qu'en demandan notre Collègue un travail sur cette industrie des sondages qui p servir à transformer une grande partie de notre colonie algérienne était bien certain que l'auditoire serait vivement intéressé. M. Li mann n'a oublié qu'une chose dans son exposé, c'est de rappeler la p considérable qu'il a prise au développement de ces travaux qui ont tant de richesses, mais ses Collègues ne l'oublient pas.

M. le Président donne la parole à M. L. Zbyszewski pour sa comm nication sur l'*Exposition de Nijny-Novgorod et l'Industrie russe*.

M. Zbyszewski donne tout d'abord une idée des progrès considéra réalisés par la Russie au point de vue industriel. Le nombre fabriques et usines dans l'Empire, en 1885, en dehors des entrepr minières et des brasseries et distilleries de tous genres, était de 16 avec un personnel d'environ 600 000 ouvriers et une production 745 638 000 roubles. Cinq ans plus tard, le nombre des fabriques s' vait déjà à 17 542 avec 716 880 ouvriers produisant 902 920 000 rou de marchandises. L'introduction de nouveaux tarifs douaniers encore accentuer ce développement et, en 1896, le nombre des ouvr de fabriques atteint 1 900 000, avec une production de 2 milli 139 000 roubles par an, pendant que l'industrie minière, de son accuse 190 millions de produits et que la petite industrie, dite geoise, arrive à produire 100 millions de marchandises.

Le total de la production annuelle de l'industrie russe, d'aprè statistiques officielles, s'élève donc aujourd'hui à 2 milliards 429 mill de roubles, soit 6 555 millions de francs.

Cet essor considérable de la puissance industrielle de la Russi évidemment connexe des nombreuses voies de communications qui été créées. Sous peu, le réseau russe de voies ferrées atteindra 60 00 dont 10 000 en chemins de fer à voie étroite.

M. Zbyszewski indique dans quelles conditions l'Exposition a naissance sur l'instigation de M. de Witté, ministre des Finances.

L'espace occupé était d'environ 62 *ha*, non compris les lacs et les

sins à l'intérieur de l'Exposition, les jardins, la section fluviale de la Marine et un vaste hippodrome faisant partie de l'exposition des races chevalines.

L'Exposition était divisée en vingt sections. M. Zbyszewski s'excuse de ne pouvoir s'étendre sur chacune de ces sections, et il ne s'arrêtera que sur les sujets qui intéressent plus particulièrement les Ingénieurs Civils.

L'*Agriculture* est la plus importante des industries russes, elle occupe plus de 80 millions d'individus, aussi était-elle représentée à l'Exposition par une longue série de pavillons renfermant la culture proprement dite, des collections de produits, quelques fermes, les engrais, les travaux de drainage et d'irrigation qui ont pris dans ces vingt dernières années une extension considérable en Russie, les machines et instruments aratoires.

La culture de la vigne a pris un grand développement dans les provinces méridionales. Les vignobles occupent déjà 125 000 *ha* au Caucase, 71 000 *ha* en Bessarabie, 8 000 *ha* en Crimée et 2 500 *ha* dans la vallée du Don.

L'exposition forestière était des plus remarquables. Les forêts de la Russie d'Europe couvrent une superficie de 180 millions d'hectares, soit les 40 0/0 du territoire total de l'Empire, cours d'eau et lacs exclus.

La section de l'élevage des chevaux disposait d'une vaste écurie pour 240 chevaux de race et d'un enclos type pour 100 chevaux de haras de steppe.

Le nombre des chevaux est très considérable, il atteint 21 millions pour la Russie d'Europe, non compris la Finlande et le Caucase, et 5 à 6 millions pour les provinces asiatiques de l'Empire.

Sur 600 millions de têtes de la race ovine répandues sur le globe, la Russie est représentée par 1/8e environ. Aussi les laines constituent-elles un objet d'exportation considérable.

La section des *Mines et Métallurgie* était installée dans l'édifice central et dans plusieurs pavillons particuliers, occupant un ensemble de 9 000 m^2.

La production totale de fonte qui, en 1885, était de 500 000 *t*, sera, pour 1896, d'environ 1 500 000 *t*. Malgré cette énorme augmentation de production, l'importation de fonte de fer et d'acier non seulement ne diminue pas, mais, au contraire, a doublé; ce qui est la meilleure preuve de l'activité industrielle du pays à laquelle les usines russes déjà en marche ne peuvent pas encore suffire.

La question du matériel des chemins de fer est également en progrès. Neuf usines existantes fabriquent des locomotives avec une puissance de production de plus de 500 locomotives par an; d'autres peuvent fournir environ 25 000 wagons par an.

325 exploitations houillères donnaient, en 1895, dans le Donetz, 3 360 000 *t* de houille.

L'industrie du pétrole a pris, depuis 1883, des proportions extraordinaires. La production, qui n'était, il y a quinze ans, que de 50 millions de pouds, atteignait, en 1895, 400 millions de pouds.

L'industrie de l'or est une des principales branches de l'art minier en Russie. Grâce à la construction de chemins de fer, la production des

provinces du lac Baikal et des fleuves Amour, Lena et Oussouri, va acquérir un grand développement. En 1893, cette production atteignait 44 000 *kg*, représentant une valeur approximative de 140 millions de francs.

La *Marine* possède d'importants arsenaux dans la mer Noire, à Sébastopol et à Nicolaieff et dans la mer Baltique à Cronstadt et à Pétersbourg.

Il existe près de Pétersbourg trois grandes usines de premier ordre pour la construction des navires et leur armement.

La Russie possède actuellement 20 cuirassés de première ligne, dont le plus ancien n'a pas neuf ans, jaugeant ensemble plus de 185 000 avec une puissance de 184 000 *ch*, et 10 croiseurs puissants représentant un tonnage d'environ 70 000 *t* avec une force totale de 80 000 *ch*.

M. Zbyszewski, qui a appartenu à la marine russe, est heureux de pouvoir rendre justice à la clairvoyance de son Altesse Impériale le Grand-Duc Constantin Nicolaiewitch, qui a été le premier instigateur du grand développement de la marine russe.

L'exposition du *Matériel de chemins de fer*, tant fixe que roulant, était très complète.

L'*Industrie villageoise*, qui comprend la production d'une quantité considérable d'objets de tous genres, était représentée par 1 500 exposants, dont la moitié sont des particuliers et l'autre moitié des communes et établissements provinciaux ou municipaux. Cette industrie occupe 7 millions de personnes, produisant environ 100 millions de roubles de marchandises diverses, telles que : tissus, dentelles, broderies, ouvrages de peau, chaussures, céramiques, ouvrages en bois, etc.

La *Section manufacturière* occupait un pavillon, avec 367 exposants.

Pour la consommation du coton, la Russie tient la troisième place après l'Angleterre et les États-Unis. Par le nombre de broches elle marche en tête des États du continent européen.

L'industrie des toiles est également florissante en Russie, et la province de Pskoff, qui produit, à elle seule, pour 25 millions de francs, exporte cette énorme quantité entière à l'état brut. Il en est de même pour une grande partie de la production de laine.

La *Navigation fluviale*, en Russie, est d'une énorme importance. Les fleuves et les lacs russes sont sillonnés par environ 2 000 bateaux à vapeur. Les voies fluviales de la Russie d'Europe représentent dans leur ensemble le chiffre énorme de plus de 102 700 *km*, dont 46 000 *km* navigables.

Enfin la *Marine marchande* comprend un nombre relativement faible de bateaux ; cependant le commerce des pétroles a donné lieu à la création d'une flotte assez importante tant à voile qu'à vapeur dans la mer Caspienne. Elle compte aujourd'hui plus de 1 000 unités.

M. Zbyszewski, dont la communication sera insérée au *Bulletin*, termine en appelant l'attention sur le grand développement industriel de la Russie et sur la transformation que subit l'état économique de ce pays. Les hommes qui sont à la tête de ce mouvement suivent résolument la voie qui leur est tracée, et on ne saurait douter du succès final

M. le Président remercie vivement M. Zbyszewski de l'exposé qu'il a fait avec beaucoup de talent, et des développements intéressants qu'il a donnés sur la situation de l'industrie russe.

M. le Président, d'accord avec le Comité, propose à l'Assemblée de nommer Membres Honoraires M. de Witté, Ministre des Finances de Russie, et duquel dépend la direction du commerce et de l'industrie, et M. le prince Chilkoff, Ministre des voies de communication.

La Société s'efforcerait ainsi de montrer à ces Messieurs combien elle apprécie les résultats féconds obtenus par la Russie industrielle sous leur haute administration. *(Approbations et applaudissements unanimes.)*

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. J.-P. Bertrand, G. Darrieus, M. Dibos, J. van Heurn. G. Kumps, L.-G. Maris, L.-J. Marnay, A. Marx, Ch.-L. Pérès comme membres sociétaires, et MM. E.-L. Lefranc, C.-E. Guieu, P.-E.-M. Millet. L.-P. Raynaud, E. Demuth, comme membres associés.

MM. Ch.-L.-T. Biver, L.-J. Chagnaud, P.-R. Deharme, L. Gassier, L. Gérard, P.-A-E.-L. Griveaud, E.-J.-P. Pommay, sont reçus membres sociétaires, et MM. L.-V.-A. Bohain et F. Hennebique, membres associés.

La séance est levée à 11 heures moins le quart.

PULLMAN CITY

ET

LA QUESTION OUVRIÈRE AUX ÉTATS-U

PAR

M. Ernest HECHT

LES ORIGINES

Parmi les grandes entreprises industrielles dont s'enorguei sent les États-Unis d'Amérique, l'une des plus considérable des plus intéressantes est l'immense cité ouvrière, aujourd' annexée à Chicago, qui porte le nom de son fondateur M. Pullm

Personne n'ignore que c'est lui qui a attaché son nom à l vention et à la construction de ces wagons perfectionnés, les *l man Cars*, qui permettent au voyageur de traverser le contir américain dans des conditions de confort et de luxe inconn auparavant.

L'idée des wagons-lits ou *sleeping cars* germa, dit-on, dan cerveau de M. George Pullman durant un voyage qu'il fit il près de quarante ans, de Buffalo à Westfield, villes dista d'environ 100 *km*. Il fallait, à cette époque, une nuit entière p parcourir cette distance, et les voyageurs étaient transportés d de soi-disant wagons-lits, qui paraîtraient aujourd'hui fort pr tifs en Amérique, et qui, cependant, n'étaient pas de beauc inférieurs aux fauteuils-lits et autres « places de luxe » de Compagnies de chemin de fer.

De 1859 à 1863, M. Pullman fit différents essais sur la l de Chicago à Alton, et sur le chemin de fer de Galena. A la s de ces tentatives, il loua une usine, et, quoique n'ayant nu ment reçu l'éducation d'un ingénieur, il sut acquérir rapidem les connaissances qui lui manquaient, et aboutit bientôt à la c truction de son premier modèle, *le Pionnier*, qui coûta 90 0(jusque-là, les meilleurs *sleeping cars* ne revenaient pas à plu 20 000 *f*.

Cette voiture fut l'objet des plus vives critiques ; on prétendit qu'elle ne rapporterait pas *(it would not pay)*, ce qui est le critérium de toute invention aux États-Unis. Les mauvais plaisants ajoutaient que les voyageurs se coucheraient avec leurs bottes, déshabitués qu'ils étaient par la vie du Far-West, de dormir entre deux draps de lit.

M. Pullman ne se laissa pas décourager; il émit l'opinion que ses voitures n'avaient pas seulement pour but l'agrément des voyageurs, mais leur sécurité et leur éducation esthétique, que par leur poids et leur résistance ils diminueraient le nombre des accidents, que, par leur aménagement artistique, ils formeraient le goût des voyageurs et leur donneraient de véritables leçons d'art décoratif. On reconnait là un des traits du caractère américain : outre le côté positif des affaires, les commerçants et les industriels ont toujours un but abstrait et en quelque sorte idéal, on pourrait même dire sentimental.

L'événement donna immédiatement raison à M. Pullman; le modèle bâti après *le Pionnier* coûta 120 000 *f* et fut inauguré sur la ligne du Michigan Central.

Jusque-là les places de *sleeping cars* coûtaient 7,50 *f*; elles furent désormais fixées à 10 *f*, et le succès en fut tel que plusieurs autres lignes furent obligées de suivre la même voie.

Après ce premier progrès, M. Pullman conçut l'idée, qui aboutit finalement, en 1887, avec le *vestibuled train*, de faire du train un véritable hôtel ambulant avec salon, salle à manger, cuisine, chambre à coucher, cabinet de toilette, salle de bain, salon de coiffure, cabinet de travail avec sténographes et machines à écrire, etc., le tout communiquant par un couloir, et circulant à la vitesse de 80 *km* à l'heure.

Le système du *vestibule* ou couloir reliant les différentes voitures a été étendu jusqu'au tender qui est rattaché au fourgon de bagages. On a voulu donner à celui-ci une plus grande résistance contre les chocs de la locomotive, et protéger les hommes placés dans le fourgon, en empêchant les wagons de monter les uns sur les autres en cas de collision.

Les vestibules, outre leur commodité pour les voyageurs, rendent le télescopage impossible, et diminuent la résistance que l'atmosphère oppose aux trains en marche, en réduisant au minimum les poches d'air qui se trouvent entre les véhicules.

L'exploitation de ses *cars* consistait dès l'origine pour M. Pullman à payer une redevance kilométrique aux Compagnies sur les

réseaux desquelles ils circulaient, pour avoir le droit de les attacher aux trains et de percevoir une redevance des voyageurs qui y occupaient des places.

Il eut de grandes difficultés à vaincre à ce point de vue. Les directeurs de chemins de fer, occupés à lutter exclusivement contre leurs concurrents — et l'on sait s'ils sont nombreux aux États-Unis — n'avaient pas porté leur attention sur les longs voyages permettant de passer d'un réseau sur un autre. Il était impossible, disait-on, de concilier des intérêts contraires, et chaque ligne devait continuer à posséder ses propres véhicules.

Toutes ces objections ont encore aujourd'hui leur raison d'être dans le pays, et pourtant elles ont été absolument réduites à néant par les faits eux-mêmes.

En 1865, la construction de la première ligne joignant l'Atlantique au Pacifique vint donner une forme pratique au problème des longs voyages. De cette époque date le grand essor des *Pullman-Cars;* la ligne du *Pennsylvania* abandonna ses anciens wagons pour adopter ceux de Pullman.

Plus tard, la Compagnie Wagner, qui avait le monopole des wagons-lits et des wagons-salons, sur les « systèmes » ou syndicats de réseaux du *New-York Central* et du *Lake Shore*, demanda et obtint de se servir des modèles de Pullman, moyennant le paiement d'une annuité qui ne devrait cesser qu'avec l'expiration des brevets Pullman.

Peu de temps après, en 1867, était fondée la *Pullman's Palace Car Company*, au capital de 5 millions de francs; de 1867 à 1871 les dividendes varièrent de 9 1/2 à 12 0/0 par an. Pendant les vingt-cinq premières années, le dividende moyen fut de 8 0/0, tout en mettant à la réserve des sommes qui s'élevaient, en 1894, à 130 millions de francs. Par suite d'augmentations successives, le capital nominal est, aujourd'hui, de 180 millions de francs. Jusqu'à ces derniers temps, les actions de la Compagnie ont été considérées comme un placement des plus sûrs, si bien que sur 3 246 actionnaires de Pullman, 1 494 sont des femmes et 306 des mineurs ou des établissements charitables.

La Compagnie put traverser sans encombre la terrible crise de 1873, et en 1879, au moment de la reprise des paiements en espèces, elle augmenta son capital. A ce moment, elle avait des usines à Saint-Louis, à Detroit et à Wilmington.

Ce fut à cette époque que M. George Pullman conçut le projet de réunir toutes ces usines et d'en former une vaste cité ouvrière,

située près du lac Calumet, à 22 *km* du centre de Chicago, sur un terrain d'une superficie d'environ 200 *ha*.

Malgré le prodigieux développement qu'à cette époque avait déjà pris Chicago, les objections ne manquaient pas. Il y avait les inconvénients à placer l'usine à la porte d'une très grande ville où tout ce qui est nécessaire à la vie était fort cher; Chicago était situé bien loin de l'est américain qui est resté le centre financier et industriel du pays. Y trouverait-on le nombre et la qualité des travailleurs nécessaires aux opérations si variées que nécessite la construction des wagons?

Les événements ont encore une fois répondu victorieusement aux adversaires de M. George Pullman. La ville qui porte son nom, située dans ce qui n'était, il y a quinze ans, qu'un désert marécageux, compte aujourd'hui près de 15 000 habitants. Les *Pullman Cars* que l'on y construit, circulent sur 200 000 *km* de voie, soit les trois quarts de celles que compte le pays tout entier.

Nous allons visiter en détail cette cité, en parcourant d'abord les différentes manufactures qu'elle contient, puis en étudiant l'existence des ouvriers, ce qui nous amènera à examiner la condition générale de l'ouvrier aux États-Unis, spécialement à l'aide de l'étude de la grève de 1894.

LES USINES

Pullman City se compose d'une agglomération d'usines d'une importance considérable, dont toutes les machines motrices réunies représentent une force de plus de 9 000 *ch*.

Moteur Corliss.

Parmi ces machines motrices, la plus remarquable est le moteur Corliss vertical, à condensation, qui actionne l'atelier des machines-outils.

Construite à Providence en sept mois, par M. George Corliss, cette gigantesque machine à vapeur fut d'abord envoyée, en 1876, à l'Exposition de Philadelphie, où elle servit à actionner les nombreux outils réunis dans la galerie des machines. Après la fermeture de l'Exposition, elle fut ramenée à Providence, et enfin, en 1880, M. George Pullman la fit transporter à *Pullman City*. Un

train de trente-cinq wagons fut nécessaire pour ce transport. Le 5 avril 1881, à une heure de l'après-midi, Miss Florence Pullman, fille de M. George Pullman, mit la machine en marche pour la première fois, devant une foule d'invités. Le poids total de la machine est de 700 *t;* le bâtiment qui l'abrite est un hall de 26 *m* de côté, haut de 21 *m*.

Les cylindres, à enveloppe de vapeur, ont 1 *m* de diamètre; la course des pistons est de 3 *m*. Les balanciers, qui ont 7,50 *m* de longueur et 2,70 *m* de largeur au centre, pèsent chacun 11 *t;* à ces balanciers sont suspendues des bielles motrices de 7 *m* de longueur, commandant un arbre moteur de 46 *cm* de diamètre, long de 3,70 *m;* les manivelles motrices pèsent 5 *t*.

Le volant à engrenage a 9 *m* de diamètre et fait 36 révolutions par minute; sa couronne, dont la largeur est de 60 *cm*, porte 216 dents. Ce fut, pendant longtemps, la plus grande roue dentée du monde; mais ce volant est dépassé aujourd'hui par celui de la grande machine d'extraction des mines de cuivre de Calumet et Hécla, près du lac Supérieur, et par celui qu'une fonderie de Cleveland a construit pour les mines de diamant de Kimberley (Colonie du Cap); ce dernier pèse 67 *t*, soit 11 *t* de plus que celui de *Pullman City*.

Le grand volant denté engrène avec un pignon-moteur de 3 *m* de diamètre, placé sous le plancher. Ce pignon, qui pèse 15,5 *t*, est monté sur un arbre de 35 *cm* de diamètre, qui commande un arbre de transmission souterrain long de 900 *m*, et dont le diamètre diminue de 200 à 130 *mm*, à mesure qu'on s'éloigne de la machine motrice. L'installation complète comprend 4 000 *m* de transmissions aériennes, comportant 3 000 poulies de tous diamètres et actionnant 900 machines-outils de toutes sortes, par l'intermédiaire de 27 *km* de courroies.

La machine, qui a développé 2 500 *ch* aux essais, ne donne généralement que la moitié de cet effort; l'arbre principal de commande absorbe à lui seul 140 *ch*.

L'eau nécessaire au fonctionnement des condenseurs est fournie par le lac Calumet, à raison de 1 300 m^3 par jour; ce lac, qui a 5,5 *km* de longueur sur 2,5 *km* de large, est alimenté par des rivières souterraines et se déverse dans le lac Michigan.

Au sortir de la pompe à air, l'eau, dont la température est d'environ 45° centigrades, est refoulée dans une sorte d'étang artificiel appelé le lac de la Perspective *(Lake Vista)*.

Le château d'eau.

Le château d'eau (*Water Tower*) est une tour de 63 *m* de hauur, dont les fondations, établies à 12 *m* de profondeur, servent : parois à une citerne contenant 1 350 m^3 d'eau.

Au sommet de la tour est placé un réservoir en tôle de 2 000 m^3, ıns lequel l'eau des lacs Michigan et Calumet est refoulée par ɔis pompes Blake, à raison de 300 m^3 par jour.

Au deuxième étage de la tour du château d'eau, se trouve une sine électrique renfermant une dynamo Edison de 800 lampes, ɔur l'éclairage de l'atelier de réparation, et deux dynamos Ball, ui alimentent les 66 lampes à arc, de 1 200 bougies chacune, de atelier de peinture, et celles des ateliers de construction de agons. Les autres étages de la tour sont occupés par divers ateers, dans lesquels se font le travail du verre et la décoration des ıtérieurs de voiture, et par des magasins.

Forges et aciéries.

Les forges et aciéries (*Pullman Iron and Steel Works*) situées près u lac Calumet, produisent annuellement 35 000 *t* d'acier et de er marchand, et 12 000 *t* de fer brut obtenues surtout par la ransformation de rails et d'essieux hors de service.

Les trois trains de laminoir sont desservis par trois fours à gaz régénérateur système Swindell et par deux fours à réverbère. ette partie des usines Pullman occupe 250 ouvriers; la force notrice est de 2 000 *ch*.

Fonderies.

La fonderie de fer (*Union Foundry and Pullman Car Wheel Works*) st installée dans une série de bâtiments couvrant une superficie le 1,5 *ha*, et occupe plus de 1.000 ouvriers; leur production est le 250 *t* par jour, dont 400 roues complètes.

La fonderie de cuivre comprend 20 creusets; la valeur de sa roduction annuelle atteint 7 millions et demi de francs; la production journalière varie de 60 à 300 *t*.

Forges.

Les forges comprennent deux ateliers distincts; l'un (*Chicago rp Forge and Foundry*) est entièrement réservé au forgeage

mécanique, et renferme un grand nombre de petits marteaux mus par des courroies, et travaillant à grande vitesse; on y forge toutes les petites pièces entrant dans la construction des voitures et wagons; le métal employé est le fer de Suède.

Dans un second bâtiment, sont installées les forges à main (*Blacksmith shop*), qui renferment 85 feux de forge et 10 marteaux-pilons de petit modèle.

Ces deux ateliers occupent ensemble 400 ouvriers, dont 250 pour les forges à main; ces derniers ouvriers sont payés aux pièces.

Marteaux-pilons.

La grande forge, où l'on traite de 75 à 100 *t* de fer brut par jour, comprend 10 marteaux-pilons à vapeur, de 340 à 5 000 *kg*, et 12 fours à réchauffer réunis dans une halle métallique de 75 *m* sur 60 *m*, où travaillent 200 ouvriers. Cet atelier peut produire environ 200 essieux par jour.

Bien que les forges produisent un grand nombre de boulons et d'écrous forgés, il existe un atelier spécial pour la fabrication mécanique des boulons, dont on emploie plus de 50 modèles différents, reproduits chacun à plusieurs dimensions. La construction d'un wagon à marchandises nécessite l'emploi de 600 à 1 000 boulons; il en faut plus de 2 000 pour une voiture à voyageurs. Cet atelier, qui occupe 80 ouvriers, produit environ 50 000 pièces par jour; la consommation journalière de matière brute est de 60 *t* de fer en barre.

Fabrique de vis.

La fabrique de vis des usines Pullman (*Columbia Screw Factory*) produit, par jour, environ 1 500 grosses de vis à bois et autres; la fabrication est entièrement mécanique.

Des fils d'acier et de laiton, enroulés en bobines et spécialement préparés à cet effet, sont tout d'abord introduits dans des machines à ébaucher, qui coupent le fil à la longueur voulue et façonnent grossièrement la tête des vis.

Les pièces dégrossies sont transportées mécaniquement sur la trémie d'une machine à parer; elles glissent ensuite par leur propre poids, la pointe en avant, dans une rainure à la sortie de laquelle chaque pièce est saisie par un appareil ressemblant au bec d'un oiseau, qui pousse les pièces ébauchées dans

ıachine spéciale; celle-ci donne à la tête de vis sa forme ve.

ébauches sont transportées mécaniquement et introduites, s sortes de doigts, dans des machines à fileter qui façons pointes.

es fait passer ensuite dans un nettoyeur à air comprimé, ébarbe; on les débarrasse de l'huile qui les imprégnait, et fait tomber sur les plateaux d'une bascule automatique, où ınt comptées par grosses avant d'être livrées aux emballeurs.

rication des roues en papier, système Allen.

en Paper Car Wheel Company, fondée en 1880 par M. Allen, eur de la roue en papier, produit dans son usine de *Pullman* viron 12 000 roues par an.

oue en papier, système Allen, consiste essentiellement en que de papier comprimé, protégé extérieurement par deux s en tôle d'acier, de 6 *mm* d'épaisseur, reliées par des s. Le moyeu de la roue est en fonte, et le bandage en acier

arton de paille employé, analogue à celui dont se servent eurs, est livré par les fournisseurs en feuilles circulaires, s d'un trou central correspondant au diamètre du moyeu. illes, après avoir été enduites d'une couche de colle de r leur face supérieure, sont placées par piles de treize sous esse hydraulique; elles restent soumises, pendant deux , à une pression de 150 *kg* par centimètre carré; l'épaise chaque pile de treize feuilles est ainsi réduite à 6 *mm* ı; les disques, qui résultent de cette première opération, pendant une semaine dans des étuves à 50° centigrades, unis quatre par quatre, collés, comprimés et séchés de u pendant une semaine. On renouvelle cette opération une fois, en portant la durée du séchage à trois ou quatre es, de manière à éliminer toute trace d'humidité. On ainsi un disque final contenant environ 200 feuilles, dont eur primitive de 25 *cm*, se trouve réduite à 10 *cm*; les ont mis en réserve pendant deux mois avant d'être utilisont alors aussi durs que du chêne.

oyeu, en fonte, est introduit dans le centre de la roue en d'une presse hydraulique; le bandage, en acier, est place par le même procédé.

On obtient ainsi un centre de roue dont l'élasticité ra
celle de l'ivoire et qui ne subit aucune modification sou
fluence de la température ou de l'état hygrométrique de
tout en procurant aux voitures un roulement très doux. (
jamais constaté pour les essieux, munis de roues Allen, a
rupture due à des changements d'état du métal; cet accidei
est assez fréquent avec les roues métalliques ordinaires, es'
par suite de l'absence complète de vibrations. Les roues
durent, aux États-Unis, environ dix fois plus longtemps c
roue ordinaire; elles fournissent, en moyenne, 800 000
quelquefois plus de 1 200 000 *km*. La réparation de ces roι
peu avantageuse, car elles ne fournissent guère, après réfe
qu'un parcours moyen de 150 000 *km*.

Wagons à marchandises.

La longueur totale des chemins de fer des États-Unis ét
1893, de 280 000 *km*, parcourus par un matériel roulant co
rable, comprenant :

35 000 locomotives;
35 000 voitures à voyageurs;
2 500 *Pullman Cars*;
650 voitures analogues (Wagner et autres);
1 250 000 wagons à marchandises.

Aux États-Unis, la valeur d'un wagon à marchandises va
2 250 à 5 000 *f*; elle est amortie au bout de trois ans envi
période de plein rapport d'un véhicule se trouve limitée
ans, en moyenne; car, dès qu'il devient nécessaire de répa
véhicule à marchandises, sa mise à la réforme s'impose
délai, à cause du prix de revient élevé des réparations. La
totale d'un wagon varie donc de dix à douze ans; sa val
réduit, au bout de cette période, à celle des vieilles matières
peut en retirer pour les utiliser à nouveau; le bois ne vau
rien; le fer forgé est alors estimé à 11 *f*, et le fer fondu à
100 *kg*.

En admettant pour les wagons une durée moyenne de
années, on constate que les chemins de fer des États-Un
vent faire construire environ 125 000 wagons par an, dont 1
en remplacement de véhicules réformés, et 25 000 dest
faire face au développement du trafic.

Cette consommation annuelle exige une puissance de production journalière de 400 véhicules. Les ateliers de la Compagnie Pullman peuvent livrer de 40 à 50 wagons par jour; on a même pu construire, exceptionnellement, 100 wagons plats ou 77 wagons couverts en dix heures de travail.

Les ateliers de construction de wagons occupent 130 ajusteurs et machinistes, 270 monteurs et 100 peintres. L'atelier de montage, qui a 135 *m* de long, contient des voies ferrées en nombre suffisant, pour que l'on puisse y maintenir constamment 40 wagons en cours d'achèvement et 40 autres en préparation, pour le montage desquels on réunit à l'avance toutes les pièces nécessaires prêtes à être mises en place.

L'atelier de peinture a 120 *m* de long; il est organisé pour que l'on puisse avoir 120 wagons en séchage à la fois.

De 1889 à 1892 on a construit :

5 283	wagons écuries;
14 477	— à houille;
195	— plats;
13	— citernes;
45	— pour le transport de la volaille vivante;
13	fourgons pour trains de marchandises;
663	wagons glacières;
300	— à bestiaux;
300	— à fruits;
25	— à minerai;
21 314	wagons.

Ces 21 314 wagons représentent une valeur totale de 75 millions de francs.

Outre la construction des véhicules pour chemins de fer à voie normale, un des principaux éléments d'activité des usines Pullman est la construction des tramways, qui occupe environ 400 ouvriers. Les clients qui commandent des voitures pour tramways à la Compagnie Pullman, se bornent à fournir quelques indications générales que doivent remplir les véhicules, sans joindre à l'ordre de commande aucun dessin. L'organisation du travail permet de réduire au minimum les frais d'établissement des dessins qui élèveraient outre mesure le prix de revient des véhicules.

Chantiers de bois.

Le bois, en Amérique, joue un rôle des plus importants d la construction des véhicules de chemins de fer; car l'emploi carcasses métalliques ne s'est pas encore répandu dans ce pa

On emploie, à la Compagnie Pullman, plus de cinquante so de bois, dont une douzaine, telles que l'ébène et le bois de r ne sont que fort rarement utilisées, en raison de leur prix éle

Le stock de bois en réserve dans les chantiers représente u valeur de 2 500 000 *f*, et se divise à peu près comme suit :

Pin.	50 0/0
Frène	12
Chêne	17
Tulipier	12
Acajou	3
Bouleau, cèdre, cornier, noyer, etc.	6
	100 0/0

La valeur du bois employé dans la construction des divers catégories de véhicules peut s'estimer comme suit :

Wagon plat	225 *f*
— tombereau	325
— écurie	500
Fourgon	800 à 1 000
Wagon-poste ou fourgon à bagages.	2 500 à 3 000
Voiture à voyageurs ordinaire. . . .	4 000 à 5 000
Wagon-lit ordinaire, sans compter le placage	7 000 à 9 000

Nous n'insisterons pas sur les ateliers très importants dans le quels on exécute les travaux d'aménagement intérieur des véh cules; tels que décoration, ameublement, installation des app reils d'éclairage, de chauffage, nickelage, argenture, etc. l plupart des pièces métalliques employées dans l'intérieur des v tures sont nickelées ou argentées par des procédés galvanopl tiques; ces opérations sont effectuées dans des ateliers spécia bien aménagés.

Blanchisserie.

Parmi les ateliers que renferme cette immense ruche ouvrière, l'un des plus curieux est la blanchisserie, où on lave le linge nécessaire à l'exploitation des wagons-lits et des wagons-restaurants.

Le bâtiment de la blanchisserie, long de 46 *m* et large de 26, est chauffé à la vapeur et éclairé à l'électricité. L'eau nécessaire aux multiples opérations du lavage et du rinçage du linge est amenée directement du lac Michigan.

La quantité de linge manipulée est considérable, car on change toutes les nuits les draps de lit et les taies d'oreiller de chaque couchette de *sleeping-car*, bien qu'un même voyageur y séjourne fréquemment plusieurs nuits de suite.

Tous les matins, six gares de Chicago expédient à la blanchisserie de Pullman de grands sacs contenant le linge sale, qui est immédiatement compté et transporté dans des paniers à l'atelier où sont installées douze lessiveuses.

Après un lavage à l'eau chaude et au savon, on procède à plusieurs rinçages successifs, à l'eau chaude et à l'eau froide, puis au passage au bleu. Ces opérations durent en tout une demi-heure. Chaque lessiveuse peut laver 400 draps de lit par heure, et le nombre de pièces lessivées en un jour varie de 45 000 à 48 000.

Après avoir été lessivé et rincé, le linge passe sous une série de huit cylindres, qui expriment l'eau dont il était imprégné, puis il est repassé au moyen de cylindres chauffés à la vapeur, et renvoyé à Chicago dans de grands paniers scellés, qui peuvent contenir chacun 200 draps de lit, 1 000 serviettes ou 1 000 taies d'oreiller.

La blanchisserie occupe 70 femmes et 20 mécaniciens.

Au deuxième étage du bâtiment est un atelier où l'on empèse les chemises et les vêtements de coutil que portent les garçons de service des voitures Pullman.

Chacune des 5 machines à empeser peut traiter, par heure, 75 chemises ou 1 000 pièces plus petites, telles que cols et manchettes.

Briqueterie.

La plupart des bâtiments industriels et des maisons d'h
tion de *Pullman City* sont construits en briques. On a inst
cet effet, une briqueterie spéciale, qui produit, en moy
18 millions et demi de briques par an. La terre glaise qui
les confectionner, est extraite du lac Calumet, et la partie
ainsi draguée, servira plus tard de chenal aux navires, lo
les lacs Michigan et Calumet seront réunis par un canal.

Service d'incendie.

Dans une agglomération aussi importante, les incendies pe
être très fréquents.

Le service permanent d'incendie est assuré par un serg
dix pompiers, qui peuvent être appelés, en cas de sinist
moyen d'avertisseurs électriques disséminés dans les parti
plus menacées de l'usine. Les commencements d'incendie
très fréquents, et les pompiers sont appelés, en moyenne
fois par semaine; certains ateliers, tels que la briqueterie, l'a
des marteaux-pilons, le séchoir des bois, ont été complète
détruits par le feu, ainsi que le marché.

L'installation très perfectionnée des postes permet aux ho
de garde pendant la nuit, de se lever, de s'habiller, d'attel
d'amener une pompe à plus de 100 *m* de distance en une m
et quelques secondes. Les chevaux libérés automatiqueme
leur stalle au moment même de l'appel, peuvent être attel
6 secondes.

LA VILLE DE PULLMAN

En 1880, les premiers bâtiments de l'usine étaient seuls
struits; quant à la cité il n'en existait que le plan. Les ou
habitaient tous Chicago; ils venaient le matin en chemin de
leur travail, et s'en retournaient le soir.

Le premier habitant fut un M. Benson qui, le 1er janvier
s'installa avec sa femme, son enfant et une domestique, a
Watt Avenue. Depuis il est entré, en transfuge, à l'usin
Wagner Cars, à Buffalo.

Les fréquents dénombrements opérés à Pullman nous mo
le rapide accroissement de la cité :

1er janvier 1881	4	habitants.
1er mars 1881	57	—
1er juin 1881.	654	—
1er février 1882.	2 048	—
8 mars 1883.	4 512	—
15 août 1883	5 823	—
20 novembre 1883	6 685	—
30 septembre 1884. . . .	8 513	—
28 juillet 1885	8 603	—
1er juillet 1886.	8 861	—
1er octobre 1886	9 013	—
1er octobre 1887	10 081	—
1er juillet 1888.	10 560	—
31 juillet 1889	10 610	—
31 juillet 1890	10 680	—
1er août 1891	11 753	—
1er août 1892	14 702	—

En 1893, les ouvriers se divisaient comme suit au point de vue de leur lieu de naissance :

États-Unis.			1 796
Scandinaves.	Danemark	89	1 422
	Finlande.	1	
	Norvège.	169	
	Suède	1 163	
Allemands	Autriche.	66	824
	Bohême	26	
	Allemagne. . . .	732	
Anglais.	Angleterre	365	1 198
	Écosse.	131	
	Irlande	402	
	Pays de Galles. .	34	
	Canada	264	
	Australie.	2	
Pays latins	France.	26	170
	Belgique.	16	
	Italie	99	
	Espagne	1	
	Suisse.	28	
	A reporter		5 410

Report			5 410
Autres pays	Asie	14	161
	Afrique	3	
	Indes orientales	2	
	Hongrie	11	
	Mexique	2	
	Pologne	116	
	Russie	12	
	Grèce	1	
TOTAL			5 571

On remarquera que, loin d'avoir la majorité, c'est tout au *plus* si les Américains de naissance arrivent en tête avant les Scandinaves, qui sont fort nombreux à Chicago. Les Allemands, malgré l'énorme proportion qu'ils occupent en Illinois, ne viennent ici qu'après les Anglais qui sont généralement plus aptes aux travaux de la grande industrie. Il est vrai que parmi les Anglais on compte les Canadiens qui sont relativement peu nombreux à Pullman, surtout si l'on tient compte qu'ils habitent un pays très voisin avec lequel les communications sont extrêmement faciles.

Les Français ne se font remarquer que par leur nombre presque infime, ce qui est généralement le cas à l'étranger, et surtout dans les pays éloignés.

Dans le courant de l'été de 1889, la ville de Pullman, qui n'avait jamais eu d'autonomie municipale et qui était administrativement reliée à la ville de Kensington, fut annexée à Chicago dont elle forme aujourd'hui le 34e *ward* ou arrondissement. La ville de Pullman n'a donc pas d'existence officielle par elle-même.

Le but de M. Pullman, en construisant ses gigantesques établissements, n'a pas été seulement, à ce qu'il déclare, de perfectionner sa fabrication et d'augmenter le chiffre de ses bénéfices. Il a voulu, dit-il, résoudre un problème social, celui de l'accord du capital et du travail, et améliorer la condition des travailleurs, tant au point de vue matériel qu'au point de vue moral.

Examinons, sous tous ses aspects, les efforts tentés par M. Pullman et les cruels démentis que la grève de 1894 est venue leur donner.

Condition des travailleurs. Salaires.

Sur plus de 6 000 ouvriers que comptait la Compagnie Pullman au moment où elle était à l'apogée de sa prospérité, en 1893

lus de 300 étaient des femmes. Au point de vue de l'âge, la majorité de ces travailleurs étaient des adultes, car 1 200 seulement étaient mineurs, dont 900 avaient de 18 à 21 ans, et 300 de 15 à 18 ans.

Le salaire total de ces ouvriers s'élevait à 60 000 *f* par jour; le salaire moyen était de 10 *f* par jour, soit environ 300 *f* par mois.

Cette somme paraîtrait assez considérable en Europe, mais il ne faut pas oublier qu'aux États-Unis, si les salaires sont plus élevés que chez nous, la vie est également plus chère. D'après le rapport fait à la suite de l'enquête parlementaire de 1894, les ouvriers de Pullman ne gagnaient pas plus à cette époque que ceux des industries similaires.

Près de la moitié des ouvriers sont payés aux pièces : les salaires peuvent donc souvent varier, mais pour un ouvrier habile, ils s'élèvent souvent de 10 à 20 *f* par jour, les ouvriers employés aux besognes plus faciles touchant seulement de 5 à 8 *f*.

Quoique venus des pays les plus divers, les ouvriers de la Compagnie Pullman représentent bien, pris dans leur ensemble, le type que M. Levasseur a si bien analysé dans ses études sur l'ouvrier américain.

En général, l'ouvrier des grandes usines des États-Unis est soumis à un labeur extrêmement rude, et qui rebute ceux qui ne font qu'arriver d'Europe. Le travail s'y fait surtout plus vite, le rôle prépondérant qu'y joue la machine, encore plus que chez nous, rend la tâche de l'ouvrier bien plus absorbante.

La main-d'œuvre étant chère, on tend à l'économiser le plus possible, et il n'est pas rare de voir un ouvrier surveiller un nombre de machines trois ou quatre fois plus considérable qu'il ne le ferait en Europe.

En raison de ce même phénomène, l'instruction professionnelle est peu répandue, et les chances qu'a l'ouvrier de sortir de sa spécialité et d'améliorer sa situation sont extrêmement rares.

On juge aux États-Unis que, sur 4 millions de travailleurs industriels, 3 millions reçoivent les salaires les plus réduits qui existent : 700 000 sont habiles dans leur spécialité et gagnent le double des précédents ; enfin, 300 000 seulement ont des principes de mécanique, sont réellement des ouvriers supérieurs et gagnent trois ou quatre fois autant que les premiers.

Les Américains reconnaissent eux-mêmes que leurs ouvriers sont en retard sur les nôtres au point de vue des connaissances techniques. M. Duane Doty, l'un des ingénieurs de la Compagnie

Pullman, déclare qu'en les inculquant aux ouvriers de son pays, on pourrait donner à chacun d'eux le moyen de gagner 5 *f* de plus par jour.

Habitations ouvrières.

En construisant de nombreuses habitations ouvrières, les organisateurs de *Pullman City* ont voulu, tout d'abord, faire un placement, car les loyers, défalcation faite des frais, représentent un intérêt de 6 0/0 sur le capital dépensé dans la construction de ces maisons. Ce taux est, d'ailleurs, celui que rapportent habituellement les placements industriels de premier ordre aux États-Unis.

Mais l'idée de M. Pullman a été aussi d'améliorer le sort de ses ouvriers, de les conserver auprès de lui, en leur évitant les pertes de temps résultant d'un déplacement quotidien à longue distance, enfin de créer pour eux et leur famille des foyers de nature à élever leur niveau moral et intellectuel. C'est le texte presque exact des publications officielles de la Compagnie.

Au contraire de ce qu'ont fait quelques philanthropes européens, M. Pullman n'a pas voulu permettre à ses ouvriers de devenir propriétaires des habitations qu'il leur louait. Sur le territoire de la cité tout entière, la Compagnie ne concède aucun terrain ou immeuble qu'à titre de simple louage; on a voulu ainsi, dit-on, éviter l'établissement de cabarets ou autres industries pouvant devenir un centre d'opposition contre la Compagnie.

Aussi, en 1894, un tiers seulement des ouvriers résidait à *Pullman City*; parmi les autres, 849 étaient propriétaires des maisons qu'ils habitaient : tous, naturellement, en dehors de la cité elle-même.

Cette mesure a été l'objet des plus vives critiques, d'autant plus que pour bien affirmer le caractère précaire des baux qu'elle consent, la Compagnie a introduit un clause de résiliation à tout moment, à seule charge pour chacune des parties de prévenir dix jours à l'avance.

Pour les ouvriers vivant seuls, il existe à Pullman quelques grandes maisons pouvant contenir de vingt à trente personnes, et organisées sous le régime des *boarding houses* anglais, c'est-à-dire offrant à la fois la nourriture et le logement.

Mais, en général, les célibataires qui sont au nombre de 2500 à 3000, préfèrent vivre dans des familles, où ils se sentent plus chez eux, en même temps qu'ils augmentent le bien-être de leurs

ıar la redevance qu'ils leur paient. C'est ainsi qu'environ ıilles ont un ou plusieurs pensionnaires; ils paient, en , 15 *f* à 17,50 *f* par semaine pour la nourriture seule, et ur une chambre avec la nourriture.

cception de soixante-dix maisons de pierre, toutes les habi- ouvrières sont bâties en briques. Les sous-sols contiennent sines. Toutes ces maisons ont l'eau avec des conduites d'é- e gaz, ou parfois l'électricité. Un dixième d'entre elles t des salles de bains. Ces maisons peuvent loger en tout .milles.

oyenne du loyer est de 70 *f* par mois, pour chaque habi- mais la moitié d'entre elles est louée pour un prix va- ə 30 à 50 *f* par mois.

logements sont organisés sur différents modèles. Il y a les appartements contenant de deux à quatre chambres ; de 30 à 45 *f* par mois.

construit sur cette base :

isons contenant chacune 12 logements ;
— — 36 —
— — 48 —

pâtés de maisons *(blocks)* contiennent chacun trois cents ments depuis deux jusqu'à cinq chambres ; ces apparte- ;ont loués à des prix variant de 70 à 80 *f* par mois.

iste, en outre, des maisons séparées dont le loyer com- à 80 *f* pour s'élever jusqu'à 250 *f* par mois. Elles sont gé- ıent louées à des ouvriers supérieurs, gagnant plus de · jour, à des contremaîtres, ou à des ingénieurs.

sur le boulevard, près de l'hôtel Florence, dans le plus ıartier de *Pullman City*, se trouvent sept belles maisons es de tout le confort moderne : chauffage à la vapeur, ;e électrique, etc. ; au rez-de-chaussée : cuisine et buan- vec eau chaude et eau froide, salon, salle à manger. Au : et au deuxième étage, trois chambres à coucher et une bains.

laire des ouvriers leur est payé tous les quinze jours; lors- ont locataires d'un logement appartenant à la Compagnie, ıit le loyer du montant de ce qui leur est dû.

ode de procéder a donné lieu aux plus graves plaintes, s moments de crise, et a été, comme on le verra, l'une ses de la grève de 1894.

Rien ne nous montrera mieux la situation matérielle d'
vrier de Pullman que le budget que nous a donné un
nicien.

Il gagne 7 *f* par jour et peut parvenir à travailler asse
se faire 182 *f* par mois.

Marié et père de quatre enfants, il lui faudrait un appar
de cinq chambres, coûtant 72,50 *f* par mois. Il lui resterai
119,50 *f* pour les vêtements et la nourriture, ce qui n'est p
fisant, quoique la viande soit meilleur marché qu'en Europ
coûte de 0,35 *f* à 1,15 *f* par kilogramme, suivant la q
Notre homme est donc obligé d'économiser sur son loyer
prendre un appartement de quatre chambres seulement, c
62,50 *f*, ou même un petit appartement situé dans les grand
de maisons et qui ne coûterait que de 35 à 45 *f*, mais là l
ment est insuffisant.

S'il veut habiter hors de la cité, le loyer sera meilleur m
mais il aura à payer le trajet en chemin de fer ou en tra
et subira une perte de temps qui diminuera son salair
compter que le repas, pris seul hors de son logis, lui rev
plus cher que chez lui.

Quoi qu'il en soit de la question des habitations ouvriè
statistique semble montrer qu'elles ont eu d'heureux résult
point de vue de l'hygiène, car la mortalité de Pullman n'e
de 18 0/00, alors que la moyenne aux États-unis est de 22.5
ce qui est d'autant plus remarquable que les environs de C
sont particulièrement insalubres.

L'Arcade.

L'Arcade est un grand bâtiment isolé, long de 80 *m* su
de large et haut de 26 *m*, élevé sur trois étages. Au cen
trouve un vaste passage couvert.

C'est là que sont situées les principales boutiques, simpl
louées à des entrepreneurs par la Compagnie Pullman,
prend jamais aucune sorte d'intérêt dans leur exploitation
rien organisé qui ressemble de près ou de loin à nos écon

C'est dans l'Arcade que se trouvent également plusieurs
tutions d'utilité publique, telles que la caisse d'épargne, la
thèque, des salles de réunion et le théâtre.

Caisse d'épargne.

a caisse d'épargne *(saving bank)* fait toutes les opérations de que pour le compte des ouvriers. Le chiffre des dépôts ne re- sente qu'une partie des économies des travailleurs, car beau- p les placent en maisons achetées hors de la cité.

es ouvriers qui épargnent le plus sur leurs salaires sont ceux gagnent le moins ; ce sont, en général, des Européens, plus nomes que les Américains et ayant moins de besoins.

e tableau suivant fera juger de l'accroissement des dépôts dant dix ans, et de leur brusque diminution au moment de la ve de 1894.

	Nombre des déposants.	Chiffre des dépôts en francs.	Moyenne par déposant.
1884	578	421 000	730 *f*
1885	652	541 000	845
1886	724	724 000	1 000
1887	970	1 120 000	1 155
1888	1 150	1 311 000	1 140
1889	1 200	1 415 000	1 180
1890	1 525	1 964 000	1 190
1891	1 900	2 284 000	1 100
1892	2 012	2 655 000	1 120
1893	2 249	3 184 000	1 115
1er mai 1894	1 679	2 110 000	1 250
1er juin 1894	1 539	1 915 000	1 240
1er juillet 1894	1 414	1 820 000	1 280
1er août 1894	1 212	1 615 000	1 250

Bibliothèque.

a bibliothèque est un don de M. Georges Pullman, qui l'a dée en 1883, en la dotant de 5 000 volumes.

lle en contient aujourd'hui 7 750, tous reliés, plus 335 bro- res, 550 volumes de documents administratifs et 1 000 revues puscules, tous brochés.

e nombre des demandes de livres s'accroît pour l'histoire, les ages et les sciences, et diminue pour le roman, l'art et les s destinés à la jeunesse.

La bibliothèque, qui n'avait fait que 4360 prêts en 1883, en a effectué 22 740 en 1893 ; cette dernière année, chaque livre est sorti, en moyenne, trois fois de la bibliothèque.

Cette institution est cependant l'objet d'une plainte générale, résultant du fait que la bibliothèque n'est pas gratuite. Les adultes paient 1,25 *f* par mois, soit 15 *f* par an, ce qui est à peu près équivalent aux prix des cabinets de lecture payants.

Théâtre.

Le théâtre, situé dans l'une des ailes de l'Arcade, contient 1 000 places. L'intérieur, du style mauresque, a un aspect assez agréable : tous les fauteuils sont recouverts de cuir rouge. On y joue, en général, une fois par semaine.

La salle fut inaugurée le 9 janvier 1883 par une représentation d'*Esmeralda*, adaptation de *Notre-Dame de Paris*, de Victor Hugo.

Parmi les acteurs qui y ont joué, on cite Henry Irving, Daly, Ada Rehan, etc.

Les pièces françaises, qu'on y a représentées le plus souvent, ont été *Michel Strogoff* et *le Tour du Monde en 80 jours*.

Écoles.

La ville de Pullman contient trois écoles, renfermant environ 1 000 élèves sous la direction de 24 professeurs : on y donne l'enseignement professionnel à l'aide de cours de dessin, de modelage, de sculpture sur bois, etc.

Il existe, en outre, des cours du soir pour les adultes employés dans les usines.

Aux environs de l'Arcade, citons encore, parmi de nombreux bâtiments, que nous ne pouvons tous énumérer, l'hôtel Florence, le marché, l'église presbytérienne, l'église luthérienne suédoise, la salle du Club des Excentriques *(Odd Fellows)*, etc.

LES GRÈVES AUX ÉTATS-UNIS

La Grève de Pullman en 1894.

Les grèves constituent, en Amérique, un phénomène relativement récent.

En 1874, un économiste de Pensylvanie, pouvait encore écrire :

es grèves, dans notre pays, n'ont jamais été ni très sérieuses)ien longues dans leur durée. » Depuis cette époque, les ts-Unis ont fait dans cette branche aussi des progrès de géant , de 1881 à 1894, on n'y a pas compté moins de 15 000 grèves. nombre en a toujours été en augmentant : de 1881 à 1887 noyenne annuelle a été de 765 grèves, et de 1888 à 1894, elle ıt élevée à 1 292 grèves. Dans deux cinquièmes des cas, la sation du travail a pour cause une demande d'augmentation salaires; un cinquième des grèves a été amené par une tenta- de réduction des heures de travail.

Deux fois sur cinq, en moyenne, les ouvriers réussissent à ob- ir ce qu'ils réclamaient; prenant ensemble toutes les grèves, voit que les ouvriers perdent en salaires six fois autant qu'ils font perdre aux patrons; et il leur faut, en général, 100 jours travail pour combler le déficit causé par le chômage volon- 'e.

Ine sorte de grève particulière aux États-Unis, est la grève ıpathique *(sympathetic strike)*. C'est celle d'un corps de métier cesse le travail, pour aider à la réussite de la grève d'une fession annexe. C'est ainsi qu'à New-York, on a vu les tail- rs en manteau se mettre en grève par sympathie pour les peurs.

ouvent, après un arrangement avec les patrons, les ouvriers réservent le droit de grève sympathique, en stipulant qu'elle devra pas être considérée comme un acte hostile.

. la grève ordinaire, ou cessation de travail concertée par les 'riers, on oppose aux États-Unis le *lock out* ou coalition des rons, qui renvoient en masse leurs ouvriers. C'est l'acte par ıel un entrepreneur refuse à ses ouvriers l'entrée de ses établis- ıents, à moins qu'ils ne consentent à travailler sous certaines ditions. C'est un acte analogue à la grève des travailleurs, et vent destiné à devancer cette dernière.

.es démêlés des ouvriers et des patrons sont souvent compli- ıs d'une sorte de mise en quarantaine appelée *boycott*. Ce terme comme on le sait, né en Irlande, en 1880, à l'occasion de la e en quarantaine du capitaine Boycott par les tenanciers de l Erne, qu'il avait été chargé d'expulser. On voit ainsi les ou- ırs user de manœuvres et de moyens d'intimidation, pour pêcher toute personne de rien acheter de l'établissement oycotté », ou de travailler pour lui, ou même d'avoir aucun port avec l'individu ou la société, que l'on met de cette façon

hors la loi. On a vu, par exemple, près de Pittsburg, des ouvriers blanchisseurs en grève suivre les voitures de leurs anciens patrons Brace Brothers, assis dans d'autres véhicules, portant des inscriptions injurieuses, et monter chez les clients, qui recevaient du linge blanchi, pour les empêcher de continuer à rester les clients de l'établissement boycotté.

Au *boycott*, les patrons opposent la *black list*, ou livre noir, contenant les noms des ouvriers qu'ils renvoient ou refusent de reprendre, et qu'ils empêchent, en publiant ce document, de trouver du travail ailleurs.

Malgré la liberté extrême qui règne aux États-Unis, où la théorie du laisser-faire est plus puissante que partout ailleurs, les lois de quelques États ont condamné certains de ces excès.

C'est ainsi que quelques-uns interdisent les grèves d'employés de chemins de fer; d'autres répriment le *boycott*, lorsqu'il est fait dans l'intention de nuire, comme dans l'Illinois.

D'autres États prohibent les *black lists* qui frappent quelquefois l'ouvrier de la façon la plus injuste.

C'est ainsi qu'un employé du chemin de fer du *Lake Shore*, qui gagnait 7 000 *f* par an, fut inscrit sur une *black list* de sa Compagnie, et réduit à se faire ... agent de police, ce qui ne lui rapportait plus que 3 600 *f* par an. Il intenta un procès aux directeurs du *Lake Shore* et le juge lui donna gain de cause par une décision où l'on remarque les motifs suivants : « Le droit de l'employé à être employé est aussi sacré que celui de l'employeur: c'est même sa vie. L'État a intérêt à ce que le droit de chaque homme à trouver un emploi dans un travail honnête, ne soit pas violé... Le droit de chacun finit où commence le droit d'autrui; le droit de l'employeur, quand il a renvoyé son employé de sa maison, ne saurait donc empiéter sur le droit de l'employé de chercher un autre emploi afin de vivre. »

Grèves historiques.

Nous avons vu que, jusqu'à une époque qui ne remonte guère qu'à une vingtaine d'années, les grèves aux États-Unis avaient été peu fréquentes et assez calmes. Depuis ce moment elles ont été plus nombreuses, et les plus importantes ont été signalées par des troubles extrêmement graves.

C'est en 1877 que s'ouvrit l'ère des grèves historiques, à l'occasion de la grève des employés du chemin de fer Baltimore-Ohio

:ette grève débuta à Martinsburgh, dans la Virginie occidentale, a suite d'une réduction de 10 0/0 sur les salaires de tous les ployés. Mais ce n'était là qu'un de leurs nombreux griefs. Cerns hommes, chefs de famille, ne travaillaient que trois ou atre jours par semaine, et le reste du temps ils étaient obligés vivre loin de leur domicile, et de dépenser 5 *f* par jour dans hôtel appartenant à la Compagnie. Les salaires, qui étaient yables chaque mois, n'étaient souvent versés qu'après un retard deux, trois ou même quatre mois. Enfin le nombre des trains ait été réduit, mais le poids de chacun d'eux augmenté en proırtion, et les employés continuaient à être payés en raison de espace parcouru par les trains, sans tenir compte du fait que s trains marchaient plus lentement, et exigeaient des employés ı plus grand nombre d'heures de travail. Des troubles éclarent à Martinsburgh et à Baltimore, accompagnés de scènes de llage. A Martinsburgh et à Pittsburg, la milice de l'État de Penlvanie refusa de tirer sur les grévistes, et fit cause commune ec eux. On se vit obligé d'appeler des troupes fédérales, et la anquillité ne fut rétablie qu'après de nombreuses scènes de vionce à Cincinnati, Saint-Louis, Buffalo, et autres grandes villes. Peu de temps après, dans le courant de la même année, éclata Pittsburg une autre grève encore plus importante, qui n'avait en de commun avec la précédente.

La Compagnie du *Pennsylvania Railroad*, voulant réduire son rsonnel, avait décidé de faire de longs trains avec deux locootives. Le 19 juillet 1877, à Pittsburg, les employés décidèrent 'ils ne conduiraient pas de trains organisés de cette façon.

Le lendemain, le nombre des grévistes accourus des villes voines de Pittsburg, s'élevait à 4 ou 5 000.

Le 21, arrivèrent des troupes fédérales qui, dans une rencontre ec les grévistes, tuèrent 24 personnes. Mais, au cours de ces oubles, les grévistes se livrèrent à toutes sortes d'excès; ils irent le feu à 1 600 wagons (surtout des wagons à marchandises) vec leur contenu, à 126 locomotives, et à tous les bâtiments et teliers de la Compagnie. La perte résultant de ces désordres fut stimée à 25 millions de francs, dont près de la moitié au préjuice de la Compagnie du *Pennsylvania*.

Nous passons sous silence d'autres grèves, pour arriver à celle e Homestead, en 1892, la plus terrible de toutes, avant celle de 'ullman en 1894.

La *Carnegie Steel Company* possédait, en 1892, près de Pittsburg,

huit établissements, valant 125 millions de francs et occupan 13 000 personnes. Sur ce nombre, 3 800 se trouvaient dans l'usine de Homestead ; ils travaillaient aux pièces et le salaire variait suivant l'emploi de 7 à 60 *f* par jour.

La Compagnie déclara, en juin 1892, que les ouvriers qui recevaient les salaires les plus élevés, au nombre de 800, subiraient une réduction de 15 à 30 0/0, soit 18 0/0 en moyenne.

Les ouvriers n'ayant pas consenti, la Compagnie déclara que, le 30 juin, elle fermerait son usine. Elle refusa en même temps d'entrer en pourparlers avec les délégués de l'Association réunie des usines de fer et d'acier (*Amalgamated Association of Iron and Steel Workers*), à laquelle appartenaient les 3 000 ouvriers qui ne subissaient pas de réduction de salaire, et finalement proclama le *lock out* dès le 28 mai.

Le 5 juillet, les ouvriers ayant mis le siège devant l'usine, pour empêcher l'introduction d'ouvriers étrangers, la Compagnie fit appel aux autorités.

Mais des troubles plus graves ne devaient pas tarder à éclater, provoqués par l'approche d'un corps d'agents de la Compagnie Pinkerton.

Cette Société se charge de fournir aux maisons de commerce, aux banques, aux usines, des hommes en nombre suffisant pour surveiller le personnel, écarter les voleurs, maintenir le bon ordre, etc. Elle remplit à titre privé, et moyennant finance, le rôle de la police officielle ou secrète de nos pays d'Europe.

C'est ainsi que, tout récemment, en septembre 1896, ce sont des agents de la maison Pinkerton qui ont gardé, contre les entreprises des fenians irlandais, la personne de M. Chamberlain, ministre des Colonies de la Grande-Bretagne, pendant le séjour qu'il fit chez son beau-père à Newport (Rhode-Island), le grand bain de mer des États-Unis.

Le 5 juillet 1892, à Homestead, on vit vers quatre heures du matin, arriver en bateau sur la rivière Ohio 300 hommes de l'agence Pinkerton, engagés à raison de 25 *f* par jour. Ils étaient armés de fusils Winchester, et chacun d'entre eux portait, en outre, un revolver et un gourdin. Un shériff les accompagnait, et leur donnait, par sa présence, une sorte de consécration officielle.

Les *Pinkerton men* étaient particulièrement détestés des ouvriers, parce que ceux-ci supposaient que l'agence entretenait des espions parmi les grévistes.

Le bateau fut accueilli à coups de fusils ; à la première attaque

shériff abandonna les agents de Pinkerton. Après une bataille rrible, qui dura jusqu'à cinq heures du soir, ils durent se ren-'e, laissant sept morts et vingt blessés; onze hommes avaient é tués du côté des grévistes.

Ces derniers, maîtres du terrain, expulsèrent les journalistes ıspects, mirent la censure sur les télégrammes et organisèrent ı régime de terreur qui ne cessa qu'après l'envoi de troupes et étáblissement de l'état de siège. Le travail dans l'usine ne fut ›pris que le 20 novembre.

La commission d'enquête, nommée par la Chambre des repré-entants, déclara que l'emploi des *Pinkerton men* était parfaite-ıent légal, de même que l'interdiction, par les grévistes, de aisser entrer les ouvriers dans les ateliers de Homestead; elle ne ılâma que l'attaque dirigée contre le shériff.

La grève de Pullman en 1894.

Il nous a paru nécessaire de citer ces précédents pour mieux ıire comprendre les événements qui se passèrent en 1894, à *'ullman City*, et qui jettent un jour singulier sur l'état de la uestion ouvrière aux États-Unis.

Débutant par une grève localisée dans les usines de la Compa-ıie Pullman, une crise sans précédent ne tarda pas à s'étendre à us les chemins de fer qui rayonnent autour de Chicago, à para-ser le commerce et à apporter le trouble dans le pays tout en-er, en causant partout des dommages incalculables.

La Compagnie Pullmann avait atteint son apogée en 1893, l'an-ée de l'Exposition Universelle de Chicago. La période, qui s'était oulée d'août 1892 à 1893, avait été signalée par une prospérité ıns précédent. 400 *Pullman cars* avaient été construits en vue e l'accroissement de trafic qui devait résulter de l'afflux des oyageurs vers Chicago. A cette époque, le nombre des ouvriers ait dépassé un moment 6 000; mais, pendant l'été de l'Exposi-on, il diminuait graduellement pour tomber à 900 seulement en ptembre 1893.

Peu de temps après, les chantiers reprirent une grande activité, ı raison des travaux de réparation nécessités par l'usure des wa-ons à la suite de l'excès du trafic pendant la durée de la *World's 'air*; en novembre 1893, le nombre des ouvriers occupés s'élevait e nouveau à 3 ou 4 000.

Mais la situation ne devait pas tarder à empirer. La Compagnie se vit obligée de fermer ses ateliers de Detroit, uniquement affectés aux travaux de réparation.

En même temps, les Compagnies de chemin de fer, voyant leurs recettes diminuer, ne commandaient presque plus de wagons ni de voitures; et la concurrence entre les constructeurs pour obtenir ces rares commandes, faites surtout par des Compagnies de Tramways. était telle que ceux qui voulaient obtenir des ordres, se voyaient obligés de travailler à perte. Après quelque temps d'hésitation, la Compagnie Pullman se décida à imiter cet exemple et, de septembre 1893 à mai 1894, elle exécuta pour environ 7 millions de travaux avec une perte nette de 260.000 *f*. Et encore, pour ne pas dépasser ce chiffre, la Compagnie avait dû réduire le salaire de ses ouvriers d'environ 25 0/0. Elle pensait qu'il valait mieux prendre cette mesure et livrer ses produits au-dessous du prix de revient que de fermer les usines, en disparaissant du marché et en privant les ouvriers de toute subsistance.

Pendant cette période de huit mois, où la Compagnie perdit 260 000 *f*, les ouvriers perdirent 300 000 *f* sur leurs salaires, en prenant pour base ceux qui leur étaient payés en 1893.

La réduction d'environ 25 0/0 portait à la fois sur le salaire des ouvriers aux pièces au nombre d'environ 2.800, et sur celui des ouvriers employés aux réparations et payés à l'heure. Ces derniers trouvèrent l'assimilation injuste, car ils soutenaient, et avec une apparence de raison, que les recettes résultant des travaux de réparation n'avaient pas varié. En effet, aux termes des contrats passés entre la Société Pullman et les Compagnies de chemin de fer, sur le réseau desquelles elle faisait passer ses voitures, ces Compagnies lui payaient, à titre d'indemnité d'usure, une somme de 0,10 *f* par voiture pour chaque mille (1609 *m*) parcouru. Or ces contrats subsistaient, et la Compagnie touchait la même redevance, destinée à couvrir le coût des réparations de ses voitures.

La Compagnie Pullman a prétendu qu'elle n'a continué à travailler à perte, durant cette période, que pour donner du travail à ses ouvriers. La commission d'enquête sur la grève, qui a été plutôt sévère pour M. George Pullman et ses collaborateurs, estime que le but de la Compagnie a été également de faire marcher les usines dans son propre intérêt, de ne pas laisser le champ libre à ses concurrents, de ne pas interrompre les réparations des

hicules hors de service, d'être prête à augmenter sa production jour où la crise générale serait terminée, et enfin de continuer :oucher les loyers dus par les ouvriers habitant le territoire de *llman City.*

Nous avons vu plus haut quelle était la situation de ces ouvriers comment le loyer était déduit de leur salaire. Or, tandis que dernier était réduit sur une large échelle, les loyers restaient s mêmes, la Compagnie prétendant que cette question n'avait icun rapport avec celle des salaires, et que sa situation de patron nployeur, et sa position de propriétaire bailleur à loyer d'imieubles, n'avaient aucun rapport.

En pratique, malheureusement, cette distinction un peu subtile chappait entièrement aux ouvriers, et quelques-uns d'entre eux voyaient réduits à l'état le plus misérable, tout en continuant travailler. C'est ainsi qu'un ouvrier, qui avait été occupé dix eures par jour, pendant douze jours sur une quinzaine, avait à ucher 45,35 *f*, mais il avait à payer 45 *f* pour son loyer et celui sa mère restée veuve, pour laquelle il s'était porté garant : il avait donc à toucher que 0,35 *f*.

Il arriva même dit-on, à un autre dont les loyers étaient en tard, de toucher 0,10 *f* net pour quinze jours.

Ce fut cette question des loyers qui, plus que toute autre, conbua à envenimer les rapports de la Compagnie Pullman et de s ouvriers.

On jugera de son importance par ce fait qu'en mai 1894, à la ille de la grève, les ouvriers devaient 350 000 *f* pour loyers en tard. Ce chiffre prouve également la grande tolérance de la Comgnie à ce point de vue. Il faut d'ailleurs reconnaître que, pennt tout le temps de la grève, la Compagnie ne réclama aucun yer aux ouvriers qui occupaient ses maisons, et qu'elle ne proda pas à une seule éviction.

Les choses en étaient donc là, lorsque le 9 mai, une délégation 46 ouvriers, provenant de tous les départements de l'usine, se ésenta aux bureaux de l'administration pour demander le retour ux salaires de juin 1893.

Les directeurs de la Compagnie refusèrent, en invoquant les ertes qu'ils faisaient, et offrirent aux délégués de leur communiquer leurs livres à l'appui.

Les personnes les mieux prévenues en faveur des grévistes nt toutes reconnu le mal fondé de la demande des ouvriers à ette occasion, et avoué que l'état des affaires en 1894 ne per-

mettait pas le rétablissement du taux de salaires de l'année précédente.

Le lendemain 10 mai, 3 des membres du comité des 46 furent renvoyés par des contremaîtres, sous prétexte que le travail manquait. Cet incident devait mettre le feu aux poudres, et le soir même, les associations d'ouvriers réunies, votèrent la grève. Celle-ci ne devait commencer que deux jours après; mais la Compagnie avertie, proclama le lendemain le *lock out* et renvoya même 600 ouvriers qui avaient décidé de continuer le travail.

Plusieurs tentatives d'arbitrage eurent lieu; à toutes les propositions qui lui furent faites, M. George Pullman répondit chaque fois « qu'il n'y avait pas là matière à arbitrage ». Il expliqua sa résistance, en déclarant que, en qualité de président d'un établissement industriel important, il avait pu décider à un moment donné de travailler avec une certaine perte, mais qu'il trahirait les intérêts qui lui étaient confiés, s'il laissait à un tiers arbitre, le soin de décider, entre ses ouvriers et sa Société, quelle était la perte que cette dernière devait subir.

La grève se trouvait, à l'origine, localisée à *Pullman City;* elle ne devait pas tarder à s'étendre bien au delà sous l'influence de l'*American Railway Union*. Cette association, qui n'avait alors qu'un an d'existence, comprenait 150 000 employés de chemin de fer; son président, M. Eugène Debs, âgé de trente-neuf ans, d'origine française, avait été tour à tour peintre de wagons, chauffeur, secrétaire de la municipalité de Terre-Haute dans l'Indiana, sa ville natale, puis membre de la législature de cet État. Il venait d'obtenir un grand succès dans la grève du *Great Northern*, et cependant à l'origine des incidents de *Pullman City*, il avait déconseillé la grève; mais lorsque celle-ci eut été déclarée, il détermina l'Union à prendre fait et cause pour les grévistes.

Le 21 juin, une réunion des délégués de l'*American Railway Union* décida que tous ses membres cesseraient, à partir du 26 juin, de faire marcher aucun train comprenant des *Pullman cars;* pour parler le langage du pays, c'était une grève « sympathique », organisée au moyen du « boycott » des *Pullman cars*. Cette consigne fut rigoureusement observée et donna lieu à de tels désordres, que le 7 juillet on arrêta les principaux chefs de l'*American Railway Union*, qui ne furent relâchés que sous une caution de 50 000 *f*.

Pour répondre à ce traité d'alliance des grévistes avec cette puissante union des employés de chemin de fer, la Compagnie Pullman s'adressa à une autre ligue, la *General Managers Association*.

Elle réunissait les directeurs de vingt-quatre Compagnies de emin de fer, ayant toutes leur point de départ à Chicago. Ces ıgt-quatre Compagnies avaient ensemble un réseau de 66 000 *km*, double de la longueur des chemins de fer français. Elles ›résentaient réunies un capital en actions de plus de 4 milliards francs, avec 6 milliards d'obligations; leurs recettes brutes levaient à 1 600 millions; leurs bénéfices annuels à environ 0 millions. Elles avaient, en tout, plus de 220 000 employés, le art de ce que comprennent tous les États-Unis. On peut juger r là de l'influence de ce syndicat qui datait de 1886.

A partir du 20 juin 1894, l'Association des Directeurs de chein de fer, offrit son aide à la Compagnie Pullman et fit tous ses 'orts pour lutter contre l'ostracisme dont étaient frappées ses ıitures.

Ce fut au commencement de juillet que la grève atteignit son ractère aigu. L'*American Railway Union* s'affilia à deux autres sociations puissantes, la *Fédération du Travail*, qui groupait un and nombre de corporations représentant plus de 500 000 memes en tout, et les *Chevaliers du Travail*, qui s'étaient déjà signa- ; auparavant à Chicago, et dont le nombre dépassait 150 000.

Sous l'influence de ces derniers surtout, des troubles éclatèrent, n seulement à Chicago, mais à Saint-Louis, à Cincinnati, à Cleland, dans le Montana, le Washington et l'Iowa. On détruisit matériel de plus de vingt Compagnies de chemin de fer; enfin fameux agitateur Cowey se mit en marche sur Washington, à tête de bandes qui formaient une véritable armée.

A Chicago les grévistes de la Compagnie Pullman ne participèrent pour ainsi dire pas aux nombreux actes de violence qui y :ent commis, et dont les auteurs furent, en général, des gens ıs aveu.

Bientôt la police locale et les milices de l'Illinois se sentirent puissantes à rétablir l'ordre, et l'on fut obligé d'envoyer des ›upes fédérales, en se fondant sur le fait que les agitateurs rêtaient le service des postes, qui est fédéral, et les communitions des États les uns avec les autres; sinon ces troupes n'auient pas eu le droit de pénétrer sur le territoire d'un État. Il y ıt un moment, à Chicago, plus de 14 000 soldats et hommes de ›lice, ce qui est énorme pour un pays où l'armée ne compte pas us de 25 000 hommes.

Le 12 juillet les délégués de l'*American Railway Union* et de la *édération du Travail* se réunirent à Chicago, et décidèrent d'aban-

donner tout projet de grève générale. Le lendemain ils envoyèrent par l'entremise du maire de Chicago à la *General Managers Association*, un message, offrant la reprise du travail à condition qu'aucun ouvrier ne fut renvoyé pour faits de grève, mais le syndicat des directeurs refusa même de recevoir cette communication.

On sentait la cause des grévistes perdue, et le 14 juillet, une délégation des ouvriers de Pullman se rendit chez le représentant de M. George Pullman, et lui proposa de confier l'arbitrage à une commission composée de deux membres choisis par M. Pullman, deux membres par le tribunal du Comté de Cook, et un membre choisi par les quatre premiers. Les ouvriers n'auraient donc pas eu de mandataire dans cette commission. M. Pullman refusa, comme il l'avait fait précédemment, et pour la même raison, à savoir qu'il n'y avait pas là matière à arbitrage. C'est le point de vue auquel se sont placés également dans notre pays les chefs de grandes entreprises industrielles dans des cas semblables.

A la suite de cette détermination, les ouvriers décidèrent qu'ils reprendraient le travail au tarif réduit de 1894, et le 18 juillet, la Compagnie faisait afficher un avis portant que les usines rouvriraient dès qu'il y aurait un nombre de travailleurs suffisant pour mettre en marche chacune des branches de la fabrication.

Le travail ne tarda pas à être repris, sur une moindre échelle qu'autrefois cependant, car la moyenne des ouvriers présents au travail ne dépassa pas 3 500 pendant toute l'année 1895. D'autre part, le malaise régna longtemps encore dans les rapports de la Compagnie et de ses ouvriers, car le 23 décembre 1894, la direction de la Compagnie Pullman envoyait à tous les contremaîtres une *black list* de 40 ouvriers qui avaient abandonné leur travail. en interdisant de les employer dans aucune portion des usines. De même la Compagnie décidait de ne prendre ou conserver aucun homme qui fût membre de l'*American Railway Union*.

De pareilles mesures ne faisaient que faire sentir encore plus longtemps les traces de cette grève qui avait causé de tous côtés des désastres irréparables.

En ce qui concerne les ouvriers, les 2 700 familles des grévistes de la Compagnie Pullman avaient perdu 1 750 000 *f* de salaires, et n'avaient reçu, en compensation, pendant les deux mois de la grève, que 75 000 *f* de subsides, soit moins de 30 *f* par famille. Les 100 000 employés des 24 Compagnies de chemin de fer

ıt à Chicago avaient perdu, eux, pour environ 7 millions s.
nes Compagnies avaient perdu pour 25 millions de francs ·s; quant aux pertes résultant des propriétés détruites, ›enses militaires, on les évalue à 3 millions et demi de

qui est plus difficile à calculer, ce sont les pertes de ıre, résultant de l'interruption du trafic des trains, de ısion des services de la poste et du télégraphe, etc. reet, le directeur de la plus grande agence de renseigne-nmerciaux des États-Unis, estime la perte totale du pays, nt figurer tous ces éléments à 400 millions de francs. onc à quoi avaient abouti les beaux projets de M. Pull-;us dans un esprit que personne n'a jamais songé à sus-ais que les faits devaient malheureusement condamner, quant à leur résultat immédiat.
ne étude aussi impartiale que possible, il semble bien ɜ dire, quelle est celle des deux parties, la Compagnie ›u ses ouvriers, dont les actes doivent être entièrement ;, dans ce grand différend économique et social.
ux est peut-être de s'en rapporter à l'appréciation de D. Wright, le président de la commission d'enquête de s son ouvrage sur l'*Évolution industrielle des États-Unis*. re qu'une égale part de responsabilité revient aux pa-ux grévistes. La grève, dit-il, engendra un tel esprit ne que bientôt aucun des deux adversaires en cause, ıs capable de tenir compte des droits de l'autre, ce qui ɜ-t-il, le caractère de toutes les grèves. Mais ce qui est 'est que personne des deux côtés ne se soucia, à aucun des droits du public, et ne se demanda quel tort, l'ex-la prolongation de la grève devaient causer aux tiers qui t pas intéressés directement.
ut-être, en effet, la leçon qui doit ressortir de la grève Elle montre que, dans tout conflit qui touche à une ins-ordre public, comme les chemins de fer, il ne faut pas ; s'inquiéter des intérêts privés qui peuvent se trouver ord, mais encore et surtout des intérêts généraux de la ; citoyens. C'est peut-être faute d'avoir perdu de vue d'idées, que les auteurs responsables de la grève quels qu'ils puissent être, ont semé autour d'eux tant

L'EXPOSITION NATIONALE RUSSE

DE NIJNY-NOVGOROD

ET

L'INDUSTRIE RUSSE

PAR

M. ZBYSZEWSKI

Au mois d'août dernier, je me trouvais à l'Exposition de Nijny-Novgorod au moment de son plein développement. Devant ce spectacle si instructif pour tous ceux qui suivent avec attention les progrès de l'industrie, je ne pouvais oublier mes attaches si anciennes avec votre Société et j'éprouvais un réel regret de ce qu'un très petit nombre seulement d'entre vous aient pu assister à cette belle fête du travail, témoignant de la puissante activité industrielle du pays avec lequel vous êtes tous liés aujourd'hui d'une si étroite amitié. C'est ce sentiment de regret confirmé par l'intime conviction que mes communications seraient accueillies par vous avec intérêt, qui m'a décidé à vous communiquer les impressions que j'ai ressenties moi-même.

J'étais d'autant plus porté à le faire que, maintes fois déjà, l'avenir économique et industriel de la Russie avait attiré votre attention et que même, avec certains d'entre vous, nous avions déjà depuis longtemps établi entre les deux pays, une confraternité de travail dont sont nées des créations importantes qui, comme vous allez le voir, à l'Exposition nationale russe, ont fait honneur à leurs fondateurs français.

Il y a quelque vingt ans, dans un petit opuscule que j'avais rédigé pour des financiers et des industriels français qui, dès cette époque, s'intéressaient aux choses russes, je disais :

« Les richesses enfouies dans le sol russe se chiffrent par milliards.

» Selon toute évidence, la Russie ne va pas laisser improductives les immenses ressources que la nature lui a départies, ressources dont le développement doit infailliblement l'aider à l'accomplissement de ses grandes destinées. A aucune époque,

utais-je déjà alors, la situation respective de la Russie et de France n'a invité autant les hommes d'action des deux pays à travail en commun. La France, arrivée à une puissance de duction extraordinaire, voit le cercle de ses consommateurs rétrécir; la Russie, au contraire, ayant la légitime prétention contribuer à l'approvisionnement des marchés de l'Asie, ne duit pas même encore de quoi satisfaire à sa propre consommation.

» Il serait donc bien utile que les hommes éminents des deux ys vinssent concentrer en un seul foyer toutes les lumières et tes les études nécessaires. »

Tout récemment, une auguste voix, la plus autorisée entre tes, vient de proclamer une confraternité encore plus étroite, dant en plus justice au génie de la France.

Le moment est donc aujourd'hui encore plus propice que jais à une collaboration effective entre les deux pays.

Cependant la Russie n'est pas restée stationnaire depuis l'époque je mettais ainsi en lumière l'importance d'un grand travail en paration. Elle a, au contraire, réalisé des progrès considéras au point de vue industriel. Jugez-en vous-mêmes :

D'après les documents officiels du Ministère des Finances, le nbre des fabriques et usines dans l'Empire, en 1885, en dehors entreprises minières et de toutes celles dépendantes de l'ac-, telles que brasseries et distilleries de tous genres, était de 714 avec un personnel d'environ 600 000 ouvriers et une protion de 747 638 000 roubles.

Cinq ans plus tard, sous le règne d'Alexandre III, ce grand pereur de la paix, comme l'a surnommé son peuple reconnaist, le nombre des fabriques s'élevait déjà à 17 542, avec 880 ouvriers, produisant 902 920 000 roubles de marchandises. cette époque, l'introduction du nouveau tarif douanier vint entuer d'une manière tout à fait extraordinaire ce développent déjà prodigieux. Mais durant les dernières années du règne ifique d'Alexandre III, dont le nom reste désormais attaché aussi otre grand œuvre de 1900, l'industrie russe prit un tel essor e, selon les chiffres officiels, nous trouvons, en 1896, le nombre s ouvriers de fabriques porté à 1 900 000, avec une production 2 milliards 139 000 roubles par an, pendant que l'industrie nière, de son côté, accuse 190 millions de produits et que la tite industrie, dite villageoise, dont nous aurons à parler tout 'heure, produisait, d'autre part, 100 millions de marchandises.

Le total de la production annuelle de l'industrie russe, d'après les statistiques officielles, s'élève donc aujourd'hui à 2 milliards 429 millions de roubles soit, 6 milliards 555 millions de francs.

A l'aurore d'un nouveau règne, avec un souverain qui, malgré les charges et les soucis inhérents au gouvernement d'un Empire aussi vaste, a tenu à rester personnellement à la tête de l'entreprise grandiose du transsibérien, que lui avait confiée l'Empereur défunt, il est d'un heureux augure d'avoir à constater tant de succès éclatants et la Russie y puise, incontestablement, une force nouvelle pour l'accomplissement de ce qui lui reste à faire dans le domaine économique.

L'œuvre que la Russie accomplit avec tant de rapidité et des conditions de succès inconnues ailleurs, et qui, à partir de l'avènement d'Alexandre III, a marché, comme vous le voyez, à pas de géant, avait commencé sous le règne précédent avec la liberté du travail, premier résultat de l'émancipation des serfs. Cet événement politique, d'une portée si énorme, accompli sans secousse, modifiait immédiatement d'une manière absolue les conditions du travail national.

Jusque-là, rien n'était jamais venu troubler la sécurité routinière des producteurs privilégiés et le paysan ne produisait pour le maître que ce qu'il était forcé de produire. La production agricole se ressentit immédiatement de la liberté de la main-d'œuvre : il y eut surproduction. A la même époque, l'Amérique multipliait ses voies de communication, creusait des canaux, s'emparait des marchés et donnait à son exportation le grand essor contre lequel toute l'Europe lutte aujourd'hui.

Cette situation se présentait à ce moment pour la Russie hérissée de difficultés car, depuis Pierre le Grand jusqu'à l'avènement d'Alexandre II, les moyens de transport étaient restés primitifs. Il n'y avait que 650 *km* de chemins de fer construits. Le chariot pour la voie de terre et la barque pour la voie navigable, résumaient tout l'outillage de locomotion dans l'Empire. La question de transport fut prise en main par le Gouvernement comme une nécessité urgente à résoudre. 20 000 *km* de chemins de fer furent construits en vingt ans. Il n'y a jamais eu rien de plus hardiment exécuté que cette conception d'un grand État dotant son pays rapidement, et en s'imposant de grands sacrifices, du premier grand réseau de chemins de fer, considéré comme indispensable.

L'attention s'était reportée en même temps sur les voies mari-

ables « ces routes qui marchent » suivant la définition de Pascal. es sommes énormes furent dépensées pour l'aménagement des orts d'exportation; mais depuis quinze ans, une autre question attiré l'esprit du gouvernement, c'est que jusqu'alors, l'exportion avait été exclusivement dirigée vers l'Occident; la France, Allemagne, l'Angleterre, l'Italie et l'Espagne même ainsi que la elgique consommaient ses produits. La concurrence américaine, 'emparant de ces marchés, il a fallu tourner de plus les yeux ers l'Orient. Dans ces dernières années surtout, l'esprit si ouvert lu ministre des Finances qui, avant d'arriver à ce ministère, avait lirigé les Voies et Communications, et qui, certes, est un des hommes d'Europe connaissant le mieux cette grande science contemporaine : la science des transports et des trafics internatioaux, comprit que c'était la Russie qui était appelée à résoudre cette anomalie, que les débouchés de l'Orient, la Chine, la Perse, es Indes, étaient périodiquement ravagées par la famine pendant jue les produits russes, les seuls à proximité de ces pays, n'y arvenaient pas uniquement à cause de l'absence des voies de ommunication. 12 000 *km* de plus de voie ferrée ont été cons-'uits et 16 000 *km* sont en construction; presque tous conduisent ers l'Asie. Sous peu, le réseau russe sera donc d'environ)000 *km* auxquels il faut ajouter encore 10 000 *km* de chemins e fer à voie étroite, dite ligne d'alimentation. La question des nemins de fer étant en connexité directe avec le développement e la métallurgie, ces deux industries ont marché en s'appuyant une sur l'autre, c'est ce qui explique la rapidité avec laquelle est développée la métallurgie russe dont nous allons parler tout l'heure.

L'ukase de l'Empereur qui décrétait l'Exposition nationale usse à Nijny-Novgorod, en 1896, intituait une Commission orgaisatrice sous la présidence de M. de Witté, ministre des Finances, remier instigateur de l'œuvre projetée. La vice-présidence de ette Commission fut dévolue à M. Kowalewski, chef du Déparement de l'Industrie et du Commerce au Ministère des finances.

Nous croyons utile, ici, de vous faire remarquer qu'à l'encontre le ce qui se passe en France, en Angleterre et dans d'autre pays, l n'y a pas, en Russie, de ministère distinct pour le commerce et l'industrie. Cette énorme administration, malgré le développement si rapide et si considérable de ces branches de la richesse nationale, ne constitue jusqu'ici en Russie qu'un département du

Le total de la production annuelle de l'industrie russe, d'après les statistiques officielles, s'élève donc aujourd'hui à 2 milliards 429 millions de roubles soit, 6 milliards 555 millions de francs.

A l'aurore d'un nouveau règne, avec un souverain qui, malgré les charges et les soucis inhérents au gouvernement d'un Empire aussi vaste, a tenu à rester personnellement à la tête de l'entreprise grandiose du transsibérien, que lui avait confiée l'Empereur défunt, il est d'un heureux augure d'avoir à constater tant de succès éclatants et la Russie y puise, incontestablement, une force nouvelle pour l'accomplissement de ce qui lui reste à faire dans le domaine économique.

L'œuvre que la Russie accomplit avec tant de rapidité et des conditions de succès inconnues ailleurs, et qui, à partir de l'avènement d'Alexandre III, a marché, comme vous le voyez, à pas de géant, avait commencé sous le règne précédent avec la liberté de travail, premier résultat de l'émancipation des serfs. Cet événement politique, d'une portée si énorme, accompli sans secousse, modifiait immédiatement d'une manière absolue les conditions du travail national.

Jusque-là, rien n'était jamais venu troubler la sécurité routinière des producteurs privilégiés et le paysan ne produisait pour le maître que ce qu'il était forcé de produire. La production agricole se ressentit immédiatement de la liberté de la main-d'œuvre : il y eut surproduction. A la même époque, l'Amérique multipliait ses voies de communication, creusait des canaux, s'emparait des marchés et donnait à son exportation le grand essor contre lequel toute l'Europe lutte aujourd'hui.

Cette situation se présentait à ce moment pour la Russie, hérissée de difficultés car, depuis Pierre le Grand jusqu'à l'avènement d'Alexandre II, les moyens de transport étaient restés primitifs. Il n'y avait que 650 *km* de chemins de fer construits. Le chariot pour la voie de terre et la barque pour la voie navigable, résumaient tout l'outillage de locomotion dans l'Empire. La question de transport fut prise en main par le Gouvernement comme une nécessité urgente à résoudre. 20 000 *km* de chemins de fer furent construits en vingt ans. Il n'y a jamais eu rien de plus hardiment exécuté que cette conception d'un grand État dotant son pays rapidement, et en s'imposant de grands sacrifices, du premier grand réseau de chemins de fer, considéré comme indispensable.

L'attention s'était reportée en même temps sur les voies navi-

ımé d'une quantité de gracieux pavillons de tous genres, d'un ›ût exquis, que vous allez apprécier vous-mêmes par les quelıes reproductions que nous allons soumettre tout à l'heure à ›tre appréciation.

Le choix de Nijny comme emplacement de l'Exposition de 1896 vait rencontré tout d'abord une vive opposition surtout du côté e Moscou, mais les facilités que présentait le Volga avec tous ›s affluents pour les arrivages des pays lointains, de la Sibérie t des provinces russes de l'Asie centrale, firent pencher la baınce en faveur de l'endroit choisi par le Ministre et approuvé par ›a Majesté.

De plus, nous ne serions pas éloigné de croire, que M. de Witté, ıvec la lucidité d'esprit qui le caractérise, avait voulu, pour ainsi lire, inclure dans le cercle de l'Exposition, ce fleuve immense, ṭui est l'instrument si caractéristique de l'activité industrielle et ›ommerciale de la Russie, et nous ne saurions, pour notre propre ›ompte, que l'en féliciter. Vous allez tout à l'heure, je l'espère, lessieurs, partager cette opinion.

L'espace occupé par l'Exposition proprement dite était d'eniron 62 *ha*, soit plus de 600 000 m^2, non compris les lacs et les assins à l'intérieur de l'Exposition, les jardins, la section fluviale e la Marine et un vaste hippodrome faisant partie de l'exposion des races chevalines.

La ville de Nijny eut aussi de grands travaux à exécuter pour › mettre en mesure de recevoir les nombreux visiteurs. Des ›ins particuliers furent donnés à la création de nouveaux hôtels, l'amélioration et à la création de nombreuses voies d'accès.

L'éclairage électrique fut introduit partout. Un second pont fut ›té sur l'Oka, pour relier la ville supérieure à l'Exposition. Tous ›s services municipaux furent améliorés et agrandis. Les conluites d'eau prodiguées à l'infini.

Un chemin de fer électrique fut installé pour mettre en comnunication l'Exposition avec tous les quartiers de la ville, et un ıutre chemin de fer électrique circulaire fut installé à l'intérieur le l'Exposition pour en mettre toutes les parties en communica:ion facile et constante.

Tout cet ensemble offrait un coup d'œil magnifique, et ces lacs, ces bassins ornés d'élégantes fontaines et de nombreux jets d'eau avec les 240 000 m^2 de grandes avenues et d'allées bordées de fleurs donnaient l'illusion d'une des plus belles promenades de Paris, et, nous l'avouerons sans hésitation, en vieux parisien en-

durci, la Russie nous ramenait au grand maître du genre, au regretté M. Alphand.

L'Exposition était divisée en vingt sections :

1° Économie rurale;
2° Haras et industrie des haras;
3° Animaux domestiques;
4° Horticulture, fruits et légumes;
5° Chasse, pelleterie et pêche;
6° Économie forestière;
7° Mines et métallurgie;
8° Industrie textile;
9° Usines, fabriques et métiers;
10° Art industriel;
11° Petite industrie villageoise;
12° Machines, appareils, constructions et machines électriques;
13° Sibérie; commerce de la Russie avec la Chine et le Japon;
14° Asie centrale; commerce de la Russie avec la Perse;
15° Art militaire;
16° Marine de guerre;
17° Art de la construction et du génie, navigation marchande, fluviale et maritime;
18° Beaux-Arts;
19° Instruction publique, bienfaisance, assistance, sauvetage et météorologie;
20° Extrême-Nord.

Limité par le temps, il nous sera impossible de nous étendre comme elle mériterait sur chacune des sections de l'Exposition. Nous commencerons, si vous le voulez bien, à nous entretenir des sujets qui nous paraissent devoir vous intéresser plus directement, et nous intervertirons parfois l'ordre des sections en joignant certaines questions qui, quoique faisant partie de sections différentes, présentent cependant quelque connexité entre elles. Nous nous réservons, toutefois, de joindre au compte rendu imprimé de la séance, quelques mots sur les questions dont nous n'aurions pu parler aujourd'hui.

Économie rurale.

agriculture est la plus importante des industries russes; elle ırbe l'activité de plus de 80 millions d'individus, aussi occu-·elle une longue série de pavillons.

ı culture des champs proprement dite et tout ce qui en dé-d prenait deux pavillons; d'autres contenaient des collections ıroduits de tous genres, quelques fermes; puis venaient les :ais.

:s phosphates et les superphosphates ne font que commencer ıtrer en ligne dans les cultures russes; le pays possède ce-dant des gisements nombreux de phosphates de haute teneur. gens compétents pensent que l'industrie des engrais artificiels éveloppera prochainement. Dix usines de broyage seulement ıtent disséminées sur tout le territoire. Elles livrent leurs 'chandises en poudre sans aucune préparation chimique.

'acide sulfurique, en Russie, est aussi peu abondant. Les dis-:es sont grandes, il y a là encore une lacune à remplir, non lement pour la fabrication des engrais chimiques, mais pour ucoup d'autres besoins industriels.

u centre d'un pavillon se trouve un modele réduit au mil-.nième du coffre à blé qu'il faudrait pour contenir toute la ré-e de l'année dernière 1895, soit plus de 340 millions de tchet-ts ou 33 milliards de pouds. La base de ce coffre de grandeur lle, occuperait une superficie de 72 *ha* et sa hauteur serait de s d'un kilomètre.

'n pavillon contient des groupes de travaux de drainage et rigation.

lans ces derniers vingt ans, la Russie a accompli un travail ıntesque comme drainage. Les provinces marécageuses de la lée de Pinsk, d'une étendue globale de 8 millions d'hectares, lont un quart seulement pouvait être cultivé, étaient sillon-s par les affluents nombreux du Dniéper, de la Vistule et de la ina, à pente très faible. Ce pays est, aujourd'hui, desséché et 'enu sain; grâce à un réseau de canaux et de cours d'eau par-ement régularisés, c'est une des plus belles provinces de l'Em-:.

:e travail a été conçu et mené à bien par un Ingénieur émi-ıt, le lieutenant-général Gélinski. Nous avons eu la bonne .nce de le connaitre au début de ses travaux, et nous nous fai-

sons un plaisir de proclamer son nom parce que sa science et sa persévérance n'ont d'égales que sa modestie.

Longtemps on avait cru à l'impossibilité de ce travail, pensant que la couche d'eau était absolument horizontale; les longues études du général ayant prouvé l'existence de la pente, le travail fut entrepris et il est achevé. Il a été exécuté en grande partie aux frais de l'État et de celui des propriétaires intéressés proportionnellement à l'étendue de leurs domaines dans la région. En somme, l'opération, au point de vue financier, a été brillante pour tous, étant donné que le terrain, estimé autrefois au prix dérisoire d'un rouble l'hectare au plus, se revend, aujourd'hui, 25 roubles et s'afferme couramment 3 roubles l'hectare.

Pour donner une idée de l'importance du travail accompli, nous dirons qu'on a été forcé de faire 400 ponts sur les cours d'eau régularisés, 15 écluses sur les canaux principaux, et 139 km de routes nouvelles. Nous n'avons pas pu nous procurer encore la longueur totale des canalisations.

Aujourd'hui, le Gouvernement a chargé le général Gélinski d'études du même genre dans d'autres régions de l'Empire.

Les irrigations de la Russie méridionale et du Caucase ne font que commencer. Cette branche laisse, soit dit en passant, immensément à faire en Russie. Les capitaux français qui s'emploieraient à ce genre de travaux avec des connaissances spéciales et une direction énergique, trouveraient un accueil on ne peut plus favorable de la part du Gouvernement. De larges rémunérations seraient certainement assurées à ceux qui s'attacheraient à des entreprises de ce genre sous la forme de vastes concessions dans des pays superbes, tel, par exemple, la fameuse vallée de l'Arax, au Caucase, et ces affaires devraient être bien autrement sympathiques à des Français que les pampas d'Amérique, le Texas et autres pays plus lointains.

Plusieurs pavillons contenaient des machines et instruments aratoires et des véhicules agricoles de tous genres. Nous y avons remarqué quelques jolis spécimens d'ateliers russes, finlandais, et surtout du royaume de Pologne. Cette industrie est cependant encore peu avancée, et, dans une conversation que nous avons eue avec M. Kowalewski, il nous a fait comprendre que le Gouvernement serait très sympathique au développement sur une grande échelle de cette fabrication dans le pays, surtout si des entreprises de ce genre se fondaient avec la collaboration compétente de grandes maisons spéciales françaises. Un pavillon était

tiné à la science des sols si variés dans ce vaste Empire et moyens de les améliorer. Tout à coté se trouvait une serre is laquelle étaient exposées des méthodes de nutrition des étaux agricoles au moyen de culture artificielle.

a culture de la vigne constitue déjà aujourd'hui une des prin- iles branches de l'industrie agricole des provinces méridio- es, mais l'extension de la viticulture prend journellement des portions beaucoup plus considérables.

es vignobles occupent déjà 125 000 *ha* au Caucase, 71 000 *ha* lessarabie, 8 000 *ha* en Crimée, et 2 500 *ha* dans la vallée du Don.

a culture de la betterave se fait sur une très grande échelle s les provinces méridionales de l'Empire où la fabrication du re est la grande industrie du pays. Il faudrait une longue con- nce spéciale pour traiter cette question comme elle le mérite. s ne pouvons dire qu'une chose, c'est que 295 000 *ha* sont loyés à la culture de la betterave, la quantité moyenne de la erave récoltée représente un ensemble d'environ 290 millions ouds de betteraves, qui fournissent 30 millions 1/2 de pouds ucre, soit environ 10,36 0/0 comme moyenne de rendement.

s'est fait depuis longtemps des essais de culture de thé dans aines régions du Caucase. Les premières récoltes ont été peu sfaisantes ; mais les dernières expériences sont, parait-il, nes de promesses. Parmi les initiateurs de cette culture, on un savant français. M. Nolden, membre de l'Institut.

our en finir avec le règne végétal, nous dirons au moins quel- s mots de l'exposition forestière.

a sylviculture dépend du Ministère de l'Agriculture et des Do- nes de l'État. Le Ministre actuel, M. de Iermoloff, qui témoi- it récemment de son estime pour la science forestière française sa visite à l'École forestière nationale de Nancy, prend un rêt tout particulier à l'administration de cette branche de son istère.

'Exposition contenait des spécimens de bois sans nombre. Le ail du bois sous toutes les formes, est l'industrie par excel- e des paysans russes. C'est incroyable ce qu'ils sont capables roduire avec les outils les plus simples et la rapidité avec elle ils travaillent le bois.

es forêts de la Russie d'Europe, royaume de Pologne compris, rent une superficie énorme, soit 180 millions d'hectares, ou /0 de tout le territoire de l'Empire, cours d'eau et lacs exclus. forêts sont réparties d'une manière inégale et l'administration

fait des efforts constants pour leur conservation et les reboisements des parties où la locomotive a fait de grands ravages depuis trente à quarante ans.

A cette exposition de l'économie forestière est jointe l'exposition des tourbes dont l'exploitation se fait déjà depuis quelques années sur une assez grande échelle. Il existait à côté de l'Exposition une ferme forestière modèle du comte P. P. Shouvaloff, où s'effectuait la fabrication de la tourbe qu'on retirait d'une tourbière voisine.

La tourbe est appelée à rendre de grands services très prochainement en Russie, même à la métallurgie.

Avant de quitter définitivement les industries rurales, nous dirons encore quelques mots de l'élevage des chevaux.

Le nombre des chevaux en Russie comparativement au nombre de la population, est très considérable. Il dépasse celui de tous les autres pays, voire même celui des États-Unis. C'est surtout la partie orientale de la Russie qui se distingue sous ce rapport. D'après le dernier recensement, le nombre des chevaux de la Russie d'Europe, sans compter la Finlande et le Caucase, se monte à 21 millions de têtes. Les provinces asiatiques de l'Empire doivent aussi être comptées pour 5 ou 6 millions.

Depuis une vingtaine d'années, la race chevaline s'est notablement améliorée, parait-il, grâce aux soins constants et éclairés apportés par l'Administrateur des haras de l'Empire, le comte Worontzoff-Daschkoff; différentes sociétés de sport et de très grands éleveurs dont les races de chevaux, comme celle des Orloff, sont connues, par les gens de la partie, dans le monde entier.

Cette section disposait de deux emplacements : une vaste écurie pour 240 chevaux de race, chevaux trotteurs, de course, chevaux de travail, chevaux anglais, etc., puis un enclos type pour 100 chevaux de haras de steppe.

Dans la section des animaux domestiques, nous apprenions que sur 600 millions de têtes de la race ovine répandues sur le globe, la Russie, parait-il, en représente 1/8 à peu près. Aussi, comme vous le savez, les laines de Russie sont un objet d'exportation considérable. La France en consomme beaucoup. La race mérinos, si appréciée, compte environ 15 millions de têtes dans les provinces méridionales de l'Empire.

Des Français, notamment les Vasale, les Potier et plusieurs autres, qui sont venus en Russie à l'époque où le général Richelieu était gouverneur d'Odessa, ont beaucoup fait pour l'améliora-

ion de la race ovine dans les régions du Midi et de la Crimée. Des
scendants de ces familles y possèdent encore de grands terri-
ires avec d'immenses troupeaux.
Plus loin, on remarquait une exposition d'apiculture intéres-
nte avec une collection de ruches excessivement variées.
La sériciculture était représentée par une collection de tissus de
e et d'instruments de l'industrie séricicole. L'élevage du ver
soie se répand dans les provinces méridionales de l'Empire.
crois me rappeler que ce sont des Français, une famille Isnard
i, sous le règne de l'Empereur Nicolas Ier, ont les premiers intro-
it l'élevage du ver à soie dans les environs d'Odessa, il y a
elque soixante ans. Mais au point de vue de la production de
soie, c'est le Caucase qui seul, grâce à la douceur de son cli-
it, donne des résultats sérieux. Dans cette contrée, la sériciculture
e procure du travail à différents titres à 200 000 familles en-
on et utilise plus de 30 000 *ha* plantés en mûriers. La soie, il
vrai, est de qualité inférieure, aussi la Russie importe chaque
née de Milan, Turin, de la Chine et de l'Asie centrale, environ
000 pouds de soie grège et ouvrée pour satisfaire aux besoins
son industrie des soies qui, depuis vingt ans, a pris un très
portant développement, grâce à l'initiative de quelques mai-
ns lyonnaises telles que : les Giraud, les Goujon et Moussy, les
nonod. La maison russe la plus importante est celle des frères
pozuikoff qui, à elle seule, a un chiffre d'affaires dépassant
millions de roubles. L'ensemble de l'industrie des soies repré-
nte en Russie un chiffre de plus de 20 millions de roubles.
Le souvenir des superbes expositions horticoles que nous avons
abitude de voir à Paris, nous a laissé relativement calme dans
section d'horticulture ; mais de grands efforts sont faits dans ce
nre de culture, on pouvait voir des quantités de pépinières sur-
ut autour du pavillon des biens impériaux, Ministère des Apa-
ges.
Un pavillon séparé, d'un aspect charmant abritait le groupe de
viculture. Ici, on se croyait dans un des plus jolis coins du jar-
n d'Acclimatation de Paris.

Mines et Métallurgie.

La section des Mines et Métallurgie était installée dans l'édifice
ntral et dans plusieurs pavillons particuliers, occupant un
semble de 9 000 m^2.

Cette exposition était très complète, 270 exposants y ont pris part. L'Oural, le royaume de Pologne et la vallée du Don y étaient largement représentés.

La production totale de fonte, en Russie, qui, en 1885, était de 500 000 *t*, sera, pour 1896, d'environ 1 500 000 *t* se répartissant comme suit, selon les lieux de production :

Oural	500 000 *t*
Centre	150 000
Midi	560 000
Royaume de Pologne	290 000

Et malgré cette énorme augmentation de production, l'importation de fonte, de fer et d'acier, non seulement ne diminue pas, mais, bien au contraire, a doublé, ce qui est la meilleure preuve de l'activité industrielle du pays à laquelle les usines russes déjà en marche ne peuvent pas suffire encore.

La consommation par tête d'habitant qui, en 1885, était d'environ 12 *kg*, est montée à 24 *kg*. Aux États-Unis, pays qui, par son étendue, se rapproche de la Russie plus que les pays d'Europe, la consommation du fer par tête d'habitant est au-dessus de 100 *kg*.

Il y a vingt ans, la Russie recevait ses rails et tout son matériel roulant, presque exclusivement de l'étranger, aujourd'hui, l'importation de matériel fixe et des locomotives de production étrangère a beaucoup diminué. La dernière production annuelle que nous avons pu nous procurer était d'environ 16 millions de pouds de rails pour l'intérieur, pendant que l'étranger fournissait encore 814 000 pouds.

Les prix moyens de la fonte, dans l'Oural, sont de 40 à 60 copecks le poud; dans le Donetz, de 65 à 75; dans le royaume de Pologne et le Centre, le prix est de 60 à 80 copecks.

Comme dénaturation de la fonte, la fabrication de l'acier absorbe plus de la moitié du métal brut produit. Dans cette fabrication, le système Bessemer est employé pour un quart de cette production et le système Martin pour les autres trois quarts.

Les plus grands établissements métallurgiques de la Russie sont incontestablement, dans le midi, les usines de Youze, celle de la Société de Briansk et la Dnieprovienne, celle de Droujkowka et de Krivoi-Rog; ces deux dernières sont des créations françaises. Les usines Dimidoff, Polowtzoff, Strogonoff, Kourbatoff et plusieurs grandes usines appartenant à l'État sont dans l'Oural; les usines Poutiloff, Newski et Alexandrowski, la Société dite mé-

ıllique de Saint-Pétersbourg, et celle de la Société Franco-Russe, Pétersbourg; l'usine Strouve, à Kolomna, près de Moscou; la ɔciété métallurgique de Moscou, importante création d'un de ɔs compatriotes, M. Jules Goujon, et trois usines importantes ır le Volga : l'usine de Stormovo, à 7 *km* de Nijny, une autre à ybinsk et la troisième à Samara. La première appartient à une ɔciété anonyme puissante, dans laquelle sont intéressées des ıstitutions financières de Paris. Elle fabrique des locomotives, u matériel de chemin de fer et des machines de tous genres. es deux autres appartiennent à la famille Jouravloff. Toutes les ois s'occupent sur une large échelle de construction de bateaux ır le Volga. Enfin, l'usine d'Ostroewietz et celle de Huta-Bankowa, ıns le bassin de Dombrowa, en Pologne. C'est cette dernière ɔciété qui, avec ses réserves et le concours de ses actionnaires ɔur l'autre moitié, a créé l'usine si considérable de Droujkowka ıns le Donetz que nous avons nommée tout à l'heure.

Parmi les usines de Pétersbourg, deux d'entre elles, la Société ranco-Russe et la Société Alexandrowski sont dues à l'initiative ançaise (MM. Marel et de Montgolfier pour la première, et M. Euverte et Ternoire pour la seconde). Elles travaillent toutes eux presque exclusivement pour la Marine impériale et la uerre. Deux des beaux cuirassés russes qui faisaient partie de escadre de Toulon, en 1893, sont sortis des chantiers de la Société ranco-Russe; mais, désormais, cette dernière usine ne s'adonera plus qu'à la construction des machines pour les grands uirassés.

Les usines Poutilow et Newsky travaillent aussi beaucoup pour a Marine et la Guerre; mais depuis quelque temps, elles s'appliquent aussi sur une grande échelle à la construction des locomotives.

D'autres usines, moins importantes, mais plus spéciales, également de Saint-Pétersbourg, ont eu de belles expositions. Nous citerons surtout l'usine Chaudoir, pour les tubes en fer étirés et ıne importante usine pour les tubes et laminages de tous genres n cuivre, due à l'initiative de MM. Chaudoir et Lavessière, de Paris.

L'Empereur s'est arrêté, avec beaucoup d'intérêt, devant l'Exposition des aciéries de Huta-Bankowa. Il a témoigné sa satisfaction. Le Jury leur a accordé l'Aigle qui est la plus haute récompense t qui confère aux usines le droit de frapper leurs produits du mbre impérial.

Les Forges et Aciéries de la Société du Donetz-Drouzkowka n'en sont qu'à leurs débuts. Elles ont exposé un rail de 85 *m* de longueur, laminé en une seule chaude.

La question du matériel roulant est aussi en grands progrès. Neuf usines existantes fabriquent des locomotives avec une puissance de production de plus de 500 locomotives par an. Une nouvelle société avec des participants français s'est formée avec une commande assurée d'environ 1 000 locomotives. Elle est en construction à Charkoff. D'autres créations de ce genre, avec le concours de la maison Baldwin de New-York et de la maison Saxonne Hartman sont aussi en construction avec des commandes assurées pour une longue période de temps.

Les usines existantes pour la création des wagons sont en état de fournir environ 25 000 wagons par an. De nouvelles usines très importantes sont en construction dans la banlieue de Moscou et dans le midi de la Russie ; mais il reste, croyons-nous, quand même, encore beaucoup à faire pour assurer l'énorme quantité de matériel roulant que nécessite l'accroissement rapide du réseau de chemins de fer russes sans compter même le Transsibérien.

Vous remarquerez, Messieurs, que de toutes les provinces russes, la Sibérie orientale seule est restée encore en retard au point de vue industriel. Les fers, par exemple, y viennent jusqu'à présent ou d'Amérique ou d'Europe par les ports du Pacifique et le fleuve Amour.

Même quand le Transsibérien sera ouvert, les produits de l'Oural pour arriver par exemple, à Irkoustk, auront à supporter un transport de 3 000 *km*.

Ces circonstances ont été appréciées par un groupe puissant de capitalistes de Moscou à la tête duquel se trouve M. S. I. Mamontoff, homme d'une grande fortune et très connu dans les cercles industriels et commerciaux russes.

Ce groupe vient de constituer une Société sous le nom de Société métallurgique de la Sibérie orientale.

Comme encouragement, l'État lui a donné une forte commande de rails et d'accessoires pour le Transsibérien, plus de 30 millions de francs : de plus, le Ministère des Apanages lui a donné le droit exclusif d'exploiter dans un domaine immense d'une province relativement voisine, l'Altai, toutes les richesses minières dépendant de la fortune personnelle de la famille impériale. Il y a là une entreprise d'un genre nouveau et susceptible d'un développement colossal : la classe des grands négociants de Moscou

ient les plus grands capitaux du pays n'a jamais pris part
présent au mouvement métallurgique en Russie.
ı suivi cette fois, M. Mamontoff qui est un des leurs; c'est
nent financier important qui entre en scène avec ce

exploitations houillères donnaient en Russie, en 1895,
0 t de houille qui se répartissaient à peu près comme suit,
s lieux de production :
0 pour le bassin du Donetz;
0 pour le bassin de Dombrowa;
0 0 restant étaient fournis par des charbonnages de qua-
rieure de l'Oural, du bassin du Centre et les anthracites
etz dont les gisements sont énormes et l'exploitation à
ommencée, mais dont l'heure va venir prochainement.
grandes exploitations houillères de création française dans
ume de Pologne, celle de Dombrowa, « la Franco-Ita-
, celle de Sosnotwice et celle de Czeladz, à elles seules
ent plus de 1 200 000 t.
le Donetz, nous ne connaissons que trois exploitations
es, celle de Bérestow, la Société de la Russie méridionale
ciété dite minière. Cette dernière est la création de la So-
nérale de Paris. C'était la première fondation industrielle
e en Russie; ayant été créée il y a vingt-cinq ans, elle a
moments très difficiles à cause de l'insuffisance des trans-
cette époque, et quelques tâtonnements; mais aujour-
'est la plus puissante du grand bassin du Midi. Elle em-
us de 50 000 wagons avec une production de 500 000 t et
le qui a inauguré l'exportation des charbons russes sur
lle est envisagée par les Ingénieurs russes de la région
une exploitation modèle et est dirigée depuis neuf ans par
icien de la Loire, M. B. Barbier, avec le concours exclusif
s Ingénieurs de nationalité russe. Nous n'avons pas l'avan-
connaître M. Barbier personnellement, mais un Ingénieur
s des mines russe, qui nous a fait les honneurs de l'Expo-
ouillère à Nijny, en parlant de votre compatriote, me di-
l a été notre maître à tous, là bas ». J'ai pensé qu'il vous
gréable d'entendre cette appréciation et ceux d'entre vous,
rs, qui auraient à s'occuper d'affaires de mine en Russie,
iendront sans doute qu'il y a là une pépinière de jeunes
rs russes qui seront très heureux de leur prêter un pré-
oncours.

Depuis un an, la Belgique, suivant l'exemple donné par l'initiative française et celle de la Société Cockerill qui, il y a huit ans, avait fondé la première société belge en Russie « la Dniéprovienne » dont nous avons parlé plus haut, a créé seize nouvelles entreprises pour plus de 120 millions de francs de nouvelles affaires métallurgiques et minières de tous genres, tant dans le centre que dans le midi de la Russie. Nous voilà distancés, Messieurs, puisque toutes nos créations industrielles franco-russes, dans leur ensemble, ne représentent, pour ces dernières vingt années, qu'une valeur initiale d'environ 200 millions de francs et il faut remarquer que la moitié de ces entreprises françaises sont dues à l'initiative lyonnaise qui n'a eu, du reste, qu'à s'en féliciter.

La haute finance de Paris commence à peine à voir que Lyon, la ville laborieuse par excellence, avait raison d'étudier attentivement les ressources et les besoins de la Russie. Et le marché de Paris, qui ne voulait entendre parler jusqu'ici que des valeurs d'État russe, vient de prendre part à quelques entreprises en Russie.

M. Raffalowitch, notre éminent ami, l'économiste que tout le monde connait, dans son dernier ouvrage intitulé : « Le Marché financier en 1895 », cite un passage du rapport de M. de Witté sur le dernier budget, dans lequel le Ministre constate que la Russie paye en France annuellement 180 millions de francs de coupons sur les emprunts russes et que, depuis l'émission desdits emprunts, les porteurs de ces valeurs d'État réalisent dans leurs placements, une plus-value qui dépasse 600 millions. Le Ministre ajoute que l'industrie française, si sympathique au Gouvernement a aussi fait de beaux placements industriels en Russie.

L'industrie du naphte ou pétrole a pris depuis 1883, comme c'était à prévoir, des proportions extraordinaires. La production de ce précieux liquide qui n'était, il y a quinze ans, que de 50 millions de pouds, atteignait en 1895, 400 millions de pouds, dont un quart pris par l'exportation. Il est intéressant de voir la progression des exploitations russes en face de celles des États-Unis qui sont en décroissance. Ainsi, en 1890, la Russie produisait 243 millions de pouds et les États-Unis 355 millions. En 1895, la Russie produisait 400 millions, tandis que l'Amérique n'était plus qu'à 236 millions ; enfin, pour les six ans, la production totale russe a été de 1 900 millions de pouds et celle des États-Unis de 1 859 millions de pouds.

Les grandes flottes du Volga et de la mer Caspienne sont chauf-

ɩes avec des résidus de naphte. Ce moyen de chauffage, si comιode, entre aussi en usage courant pour beaucoup de locomotives ɜs lignes adjacentes au Volga, dans toutes les usines de ce bassin : même dans celles de la région de Moscou.

Notre collègue, M. F.-L. Caillet, a étudié cette question à fond ; en a fait un rapport, qu'il a déposé à notre Société, à la suite ɘ l'Exposition de Nijny-Novgorod.

L'industrie du sel installée dans un groupe séparé, renfermant ɐs blocs énormes, donnait bien une idée des richesses en sel ɐmme du midi de la Russie. C'est une société française, la Soːété des sels gemmes de la Russie méridionale, création du omptoir d'Escompte de Paris, qui tient le record de cette exploiιtion. L'industrie des lacs salants, très ancienne dans le midi de ι Russie, et dans l'Oural ne perd cependant pas son importance.

Les mines de cuivre accusent un développement relativement lus lent qu'on ne pourrait s'y attendre. Cependant, il y a aussi rogression surtout au Caucase où la production a triplé depuis uelques années.

L'exploitation du manganèse prend un développement tout à ιit remarquable. Les exploitations accusent 11 millions et demi u Caucase, 200 000 pouds dans les régions de l'Oural et environ millions de pouds dans le Donetz. Sur ce nombre, les ports de oti et de Batoum fournissent à l'exportation 8 millions de pouds our une valeur de 3 millions de roubles.

Le zinc était représenté à l'Exposition par les exploitations de ꞌendzine, près de Dombrowa, production annuelle, environ 50 000 pouds. Ces usines, création de la Banque de Pologne jadis, ujourd'hui propriétés de l'État, ont été affermées à des capitaistes russes, mais nous croyons savoir qu'un groupe de spéciaistes français de Paris, sont à la veille de prendre la direction de ette exploitation que de très forts droits de douane protègent uissamment.

La production de l'argent et du plomb était faiblement repréentée à l'Exposition.

Il a surgi, ces derniers temps, des exploitations de mercure ui sont très encourageantes. En 1895, la Russie importait pour 00 000 roubles de mercure, tandis qu'aujourd'hui, elle en exorte pour 700 000 roubles.

L'industrie de l'or est une des principales branches de l'art inier en Russie. Depuis la découverte des mines de la Californe, de l'Australie et de l'Afrique, la Russie a perdu la première

place qu'elle occupait. Il se prépare cependant un vigoureux réveil pour cette industrie en ce moment. La construction des chemins de fer qui, dès aujourd'hui, sillonnent en tous sens la région de l'Oural et la partie déjà achevée du Transsibérien, a donné un nouvel essor à des exploitations qui, jusque-là, étaient entravées par la difficulté de transporter le matériel indispensable.

La production des provinces du lac Baïkal et les fleuves Amour, Léna et Oussouri et de toute la région vers les frontières de Mandchourie, déjà très importante, va acquérir un grand développement.

La production de l'or par région se chiffrait approximativement comme suit pour 1893 :

Oural.	740	pouds.
Sibérie occidentale	185	—
Sibérie orientale	1 825	—
TOTAL. . . .	2 750	pouds.

soit 14 000 kilogrammes ou une valeur approximative de 132 à 140 millions de francs.

La statistique officielle de l'industrie minière qui est tenue avec une extrême régularité au Ministère des Domaines dont dépendent les Mines, établit que pour produire cette quantité d'or, il a été lavé, en une année, 1 718 921 710 pouds de sables aurifères et seulement 18 426 699 pouds de minerais de filons, tellement cette dernière branche est en retard, faute de moyens financiers des exploitants qui s'arrêtent à 30 *m* du sol; ils rencontrent l'eau dans leurs mines. Le rendement moyen dans chacune des régions est aussi très minutieusement établi par les documents officiels du Département des Mines. Nous voyons ainsi que sur chaque tonne de sables traités, dans la province d'Oleckmine, on a un rendement moyen d'environ 6 *g* d'or à la tonne; dans la province de l'Amour, 3 *g* et dans le gouvernement d'Orenbourg, province de Katschkar, le rendement moyen des sables est d'environ 7 *g* à la tonne, tandis que les filons dans cette région, donnent souvent jusqu'à 75 *g* à la tonne.

Ce qui a manqué jusqu'à présent à l'industrie aurifère russe, ce sont des capitaux et une forte organisation technique.

Un Ingénieur en chef du corps des Mines russe, M. Devy, dans une étude officielle, publiée en janvier dernier, sur une des ré-

ions minières des plus intéressantes, la plus proche du centre e la Russie, connue sous le nom de système Katchkar, termine n long rapport très précis comme suit :

« En présentant cet exposé sur cette intéressante région, il onvient d'insister sur le fait que toutes ces exploitations sont onduites sans énergie, ne se développent pas aussi vite que la chesse incontestable de la formation géologique de la région comporterait.

» L'explication de cet état de choses se trouve dans l'insuffiance des moyens employés et dans la nécessité où l'on se trouve e confier la direction des usines à de simples praticiens absoluent ignorants de toutes connaissances techniques et sachant à eine lire.

» Il serait désirable de voir passer cette région minière, si richeent dotée par la nature, entre les mains de puissants capitastes ou de grandes sociétés financières qui pourraient donner le rand développement que mérite cette région, puisqu'elle posède des richesses absolument inépuisables.

» L'industrie minière y est placée dans des conditions exceponnellement favorables. Elle se trouve à proximité de villes de entre de commerce et à trois jours de Moscou », nous ajoutons six jours de Paris, en sleeping, nous y sommes allé récemment.

L'industrie de l'or emploie aujourd'hui, en Russie, environ 00 000 ouvriers mineurs, orpailleurs ou tâcherons ; 20 000 hommes u plus vivent à côté de cette industrie comme transporteurs, etits commerçants pour les approvisionnements, etc.

Il nous a paru utile de vous donner ces quelques appréciations 'un praticien distingué, au moment où les capitaux français paissent un peu fatigués des voyages lointains d'outre-mer et des ibulations qu'on leur a fait subir sur une grande échelle deuis quelque temps par des incidents politiques et sociaux dont, oyons-nous, la série n'est pas encore épuisée.

Marine de guerre.

La Marine possède, comme vous le savez, sans doute, d'importnts arsenaux dans la Mer Noire, à Sébastopol et à Nicolaieff; ns la Baltique, à Cronstadt et à Pétersbourg; les arsenaux de ibau et de Vladiwostock sont encore pour ainsi dire en organiition, mais ils sont destinés à atteindre une grande puissance.

Nous avons dit aussi tout à l'heure que beaucoup d'importantes

usines privées travaillaient pour la Marine de guerre; cette dernière possède, à Pétersbourg et dans les environs, trois usines magnifiques absolument de premier ordre et il serait impardonnable de ne pas vous en parler au moment où nous nous entretenons des progrès industriels de ce pays dont les ressources militaires ne peuvent que vous intéresser.

Ces usines sont celle d'Oboukoff, à 10 *km* en amont de Pétersbourg; celle de la Société dite des usines Baltique dont les chantiers de constructions navales sont situés à l'entrée de la Néva, en face des établissements de l'usine de la Société franco-russe, dont nous avons parlé, et enfin celle du Kolpino.

L'usine d'Oboukoff fabrique des canons de tous calibres ainsi que leurs affûts, des plaques de blindage, des tourelles blindées, des torpilles, des arbres de couche de toutes dimensions, des étraves, des étambots, des cadres de gouvernails, des cylindres des plus grandes dimensions et des objets de tous genres pour les arsenaux de la Marine et le Ministère de la Guerre. Pour vous donner une idée de sa puissance, notez qu'elle est capable de produire simultanément 750 canons de tous calibres dont beaucoup des plus grandes dimensions. L'existence de cette usine est relativement peu ancienne. Elle a été créée par des particuliers, dont l'un était M. Oboukoff dont elle porte le nom; mais la mort des principaux fondateurs a forcé le Ministère de la Marine à intervenir largement de ses fonds, et finalement l'État a racheté toutes les actions et elle est devenue de fait propriété de l'État.

Elle a produit déjà depuis sa création :

6 795 canons de tous calibres;
502 affûts, la plupart pour les plus gros calibres;
965 torpilles;
3 795 gros projectiles d'acier;
201 arbres pour hélices;
245 000 canons de fusils,

et une certaine quantité d'objets de moindre importance. Le tout pour une somme de 56 773 792 roubles, soit environ 160 millions de francs.

La production du dernier exercice dépasse 4 millions de roubles. Les matières premières qu'elle emploie viennent toutes de l'Oural. Notre éminent Collègue, M. Canet, dont plusieurs inventions si remarquables concernant l'artillerie s'exploitent

ıns cette usine, pourrait donner à ceux de vous, Messieurs, que es renseignements si incomplets ne pourraient satisfaire, des ›tails bien autrement intéressants, je le répète, sur cette superbe sine.

La Société dite des usines Baltique a été créée aussi comme boukoff par une Société, et comme Obоukoff, elle a passé à État. Elle possède des cales de constructions absolument su- ›rbes et un ensemble d'ateliers de constructions dont vous pourrez ›us faire une idée par le fait que, depuis janvier 1894, elle a eu ı a encore en achèvement un ensemble de machines motrices ›ur la flotte d'un total de 66 000 *ch* indiqués. Elle a en plus, en brication, 14 000 *ch* de différentes machines auxiliaires pour les ıvires en armement. La dernière machine que nous y avons vue ›t celle du cuirassé *Rossia*. Elle est de 17 000 *ch*, divisée en trois ıachines séparées, deux de 7 200 *ch* chacune et une auxiliaire e 2 600 *ch*. Ce cuirassé a été construit de toutes pièces par les ıoyens de l'usine.

La rapidité avec laquelle on travaille dans ces usines de l'État ›t vraiment vertigineuse : ainsi le navire-école *Vernyi* de 300 *t* avec une machine de 500 *ch* a été mis en chantier en mai 895, lancé au mois de novembre et est entré en campagne en ıai 1896.

Le croiseur *Rossia* de 473 pieds de long, 68 pieds de large, 26 e creux, lancé le 30 avril à Pétersbourg, est en armement et › prépare pour une campagne d'hiver, dans un des ports qui ne èlent pas, et, en tous cas, il sera en mer au printemps prochain.

L'usine de Kolpino, dans les environs de Pétersbourg, sur des ffluents de la Néva, l'*Ijora*, avait été de tous temps, chargée de ı fabrication de grosses pièces de forge, notamment des ancres t des chaînes; mais, depuis ces dernières années, elle fabrique es blindages et autres gros objets d'armements pour la flotte. Sa roduction annuelle est estimée à plus de 6 millions de roubles. lle emploie plus de 3 000 ouvriers. Il y a encore une usine im- ortante à Cronstadt, mais celle-ci est surtout une usine de emonte pour la flotte. En somme, la Russie se suffit aujourd'hui resque complètement pour la construction de ses navires de uerre.

Dans le chiffre de ses cuirassés, nous trouvons aujourd'hui ingt belles unités de combats, vaisseaux de ligne (dont le plus ncien n'a pas neuf ans), jaugeant ensemble plus de 185 000 *t*, vec une puissance de 184 000 *ch*; et dix croiseurs puissants re-

présentant un tonnage d'environ 70 000 *t* avec une force totale de 80 000 *ch*.

Nous ne citons que les principales unités. Quant à la flotte d'avisos, de vapeurs de tous genres, corvettes, canonniers, porte-torpilles, torpilleurs, elle est, bien entendu, considérable. Et tous ces vaisseaux ont été construits et armés dans les chantiers et usines dont nous venons de parler.

Ces belles ressources industrielles du Ministère de la Marine se sont développées si largement sous la haute administration et les efforts continus du grand amiral, Son Altesse Impériale le grand-duc Alexis. Qu'il me soit permis, en cette occasion, de me laisser aller, mes chers Collègues, à un pieux souvenir et de vous dire, qu'ayant eu l'honneur de porter, pendant plus de douze ans de ma jeunesse, l'uniforme de la marine impériale, et ayant eu la faveur d'approcher souvent, de 1856 à 1863, le premier instigateur de ces grandes œuvres, mon chef le grand amiral d'alors, le grand-duc Constantin Nicolaiewitch, je me souviens que c'est à lui que la métallurgie russe doit son premier grand essor. J'en parle d'autant plus librement que depuis longtemps il n'est plus.

Le grand-duc Constantin, père de celui que vous connaissez tous, au moins de nom depuis Nancy, a fait ses plus grands efforts pour le développement de l'industrie minière et métallurgique en Russie. Sa conviction était qu'un État n'était réellement puissant que, lorsqu'à côté de ses propres ressources, il pouvait s'appuyer sur une industrie privée fortement organisée.

Comme officier d'ordonnance d'un de ses principaux collaborateurs de l'époque, l'amiral André Popoff, j'ai eu l'occasion d'entendre souvent le prince énoncer cette opinion à mon amiral et, quoique bien jeune à cette époque, j'ai pu apprécier les efforts de ce prince clairvoyant dans le but que son pays a atteint aujourd'hui.

Les quelques camarades d'alors auxquels il sera donné d'entendre parler de notre conférence de ce soir, comprendront facilement que je ne pouvais, dans cette circonstance, oublier celui dont le souvenir vit encore dans leurs cœurs et dans le mien.

C'est, de plus, un des plus heureux souvenirs de cette époque de ma vie, où, sous le pavillon à la Croix bleue de Saint-André que vous avez salué à Toulon, j'ai moi-même fait deux fois le tour du monde !

Avant de quitter l'Exposition de la Marine, nous allons men-

›nner les beaux travaux hydrographiques, dont une partie déjà ;écutée et l'autre encore en exécution, relatifs aux littorals sep- ntrionaux, entre la mer Blanche, l'Obi, le long de ce fleuve et : son affluent l'Iénisséi, et d'un autre côté, la côte du Pacifique partir de la Corée jusqu'à l'embouchure de l'Amour et plus aut.

Le grand mouvement de navigation qui a déjà commencé de : côté et qui va prendre des proportions extraordinaires, dès ouverture du Transsibérien, a amené le gouvernement à multi- lier sur toutes ces côtes un service d'études hydrographiques ès important et l'établissement de phares tout le long du littoral.

Le service des scaphandriers dans la Marine mérite d'être si- alé. Il existe une école de scaphandriers à Cronstadt et le ıtériel employé dans ce service est, je crois, beaucoup plus rfectionné que dans beaucoup d'autres pays.

Une série d'études sur la boussole et les effets de déviation pro- its par les projections électriques nous a beaucoup intéressé.

Les si précieux détails que je viens de vous donner sur cette éressante Exposition de la Marine, je les dois à la bienveillance M. le vice-amiral Tyrtoff, ministre de la Marine, à M. le contre- iral Wulf, chef du Comité technique du Ministère, et M. le ıtre-amiral Skrydloff, chef de la Section de l'Exposition, qui bien voulu faciliter à leur ancien camarade la tâche agréable il s'est donnée de vous faire faire connaissance avec la Marine se. Je ne doute pas que vous vous associerez à moi, mes chers lègues, pour les en remercier de grand cœur.

Matériel de chemin de fer.

L'exposition du matériel de chemin de fer, tant fixe que rou- t était très complète. Des quantités de types de tous genres, ;upaient un emplacement tant couvert qu'à ciel ouvert, d'un semble de plus d'un kilomètre et demi

Encore ici, nous ne saurions entrer dans beaucoup de détails i, du reste, ne rendraient qu'imparfaitement l'importance de te Exposition.

Les types de wagons-citernes pour le transport du pétrole étaient mbreux.

On nous a fait remarquer que les locomotives compound com- nçaient à être employées en Russie, d'une manière beaucoup ıs fréquentes qu'elles ne l'étaient jusqu'ici.

Vous vous associerez volontiers à nous, pour en féliciter inventeur, notre sympathique Collègue, M. A. Mallet.

Cette partie de l'Exposition mérite un rapport détaillé et s des Ingénieurs des Ponts et Chaussées russes, qui lira la rel de notre séance, voulait nous donner un compte rendu fourni, notre Société certainement l'accueillerait avec intér reconnaissance.

Avant de quitter cette section, qu'il nous soit permis de quelques mots de son grand chef, M. le prince Chilkoff, mir des Voies et Communications de l'Empire.

Nous n'avons pas l'honneur de le connaître personnellen mais nous savons pertinemment que son administration, re vement peu ancienne, se ressent déjà de sa grande compét technique des services importants qu'il dirige.

C'est un Ingénieur distingué, personnifiant parfaitement énergie tout américaine qu'on trouve souvent chez le Russe reste, le cas du prince est encore plus américain, si on nous met cette expression. On en jugera par le fait que, dans sa nesse, avec son brevet d'Ingénieur des Ponts et Chaussées dar poche, il est allé pendant longtemps chauffer et conduire locomotives aux États-Unis. Il y a travaillé ensuite dans to les branches de l'industrie métallurgique de ce pays. Nou serions pas étonné d'apprendre qu'il ait aussi pratiqué en Fra en Allemagne et en Angleterre. C'est le cas de dire, comme c dit au quai d'Orsay : c'est un homme de la carrière.

Il vient de faire une inspection minutieuse le long du Tra bérien et sur les fleuves de la Sibérie jusqu'au Pacific, et, gagner du temps, il est revenu par l'Amérique.

L'Industrie villageoise.

Sous le nom d'industrie villageoise, on comprend une qua considérable de production d'objets de tous genres, fabriqués des ouvriers en chambre ou en très petits ateliers, répandus 37 provinces de la Russie d'Europe, le Caucase et quelques vinces de la Russie d'Asie.

On trouve dans cette section environ 1 500 exposants do moitié sont des particuliers et l'autre moitié des commun établissements provinciaux ou municipaux. Ce sont les provi au sol pauvre, où l'agriculture ne saurait suffire à faire viv populations, qui s'adonnent à ces industries très anciennes e

variées en Russie; mais qui n'ont pris de l'essor qu'après l'émancipation des serfs, avec la liberté du travail.

Cette industrie occupe 7 millions de personnes environ. Le chiffre total de cette production, comme nous l'avons dit plus haut, n'est pas moindre de 100 millions de roubles. Les branches en sont très variées. Le tissage, les dentelles, la broderie en tous genres, les ouvrages de peau, la pelleterie, la cordonnerie sur une grande échelle, les céramiques de toutes sortes, les ouvrages en bois, tels que meubles, ustensiles de ménage, charronnage, serrurerie, les bijoux populaires, la peinture des images saintes sur bois, etc., etc.

Industrie textile. — Coton, lin.

La section manufacturière occupe un grand pavillon; 367 exposants y ont pris part. Il faudrait pouvoir y consacrer des heures entières, nous ne pouvons à peine en dire quelques mots. Les photographies que nous vous soumettons vous donneront une idée de la variété des produits exposés.

Pour la consommation du coton, la Russie occupe la troisième place après l'Angleterre et les États-Unis. Par le nombre de broches, elle marche en tête des États du Continent européen.

La culture du coton prend, dans les provinces russes de l'Asie centrale, une extension très rapide, et aujourd'hui déjà les cotons de cette culture, fournissent à la Russie le quart de la matière travaillée qui est d'environ 12 000 000 de pouds.

Beaucoup de grandes usines de Moscou qui travaillent avec ces cotons, expédient leurs produits en Perse, et même jusqu'aux frontières de l'Afghanistan; de grandes usines sont sur le point d'être fondées sur le littoral de la Caspienne, notamment à Pétrowsk, pour éviter le transport si long de la matière première et son retour à l'état de tissu par le même chemin. Le cabotage de la Caspienne apportera le coton sur le littoral, la fabrication s'y trouvera dans d'excellentes conditions et les matières fabriquées n'auront qu'à repasser la Caspienne pour aller en Perse et plus loin.

La lutte avec les manufactures anglaises est déjà vigoureusement engagée par les manufactures russes sur les marchés de l'Extrême-Orient. 30 0/0 des cotonnades employées en Perse sont de provenance russe.

Les capitalistes et spécialistes français ne devraient pas perdre

de vue ces circonstances avantageuses pour une industrie appelée encore à se développer.

Un pavillon voisin représentait l'industrie des toiles. Elle est aussi en progression. On file beaucoup en hiver dans les villages; cependant, on exporte encore beaucoup de lin à l'état brut dont une partie rentre en Russie à l'état de fil malgré les droits de douane qui sont très élevés.

La province de Pskoff qui produit à elle seule pour 25 millions de francs, exporte cette énorme quantité entière à l'état brut. Il en est de même pour une grande partie de la production de laine, bien que, nous le répétons, toutes les industries textiles soient vigoureusement protégées par des droits de douane.

Commerce de la Russie avec la Chine.

Le pavillon que vous voyez en style chinois représente le commerce de la Russie avec la Chine.

Le principal objet d'importation, ai-je besoin de le dire, est le thé. Ce commerce, déjà si ancien, a pris un très grand développement. Il représente aujourd'hui plus de 100 millions de francs. Mais l'achèvement du Transsibérien et de ses embranchements sur la Chine, vont donner à ce commerce un caractère absolument nouveau et un essor dont on ne se doute pas encore. Le thé arrive aujourd'hui en Russie partie par voie de terre, à travers la Sibérie et partie par les navires de la flotte volontaire, dans les ports d'Odessa ou ceux de la Baltique.

La Russie exporte pour la Chine toutes sortes de marchandises, surtout des draps et des étoffes de tous genres.

La navigation fluviale et maritime.

La navigation fluviale en Russie est d'une énorme importance. Les fleuves et les lacs russes sont sillonnés par environ 2000 bateaux à vapeur : le Volga, sur ce nombre, en possède environ 1 200, le Dnieper 250, la Néva 220, le Don 140, le reste se répartit entre la Vistule, le Niémen et les deux Dwina.

Les voies fluviales intérieures de la Russie d'Europe représentent dans leur ensemble le chiffre énorme de plus de 102 700 km, dont 46 000 navigables à différents degrés pour bateaux, 24 000 km pour radeaux, et le reste est seulement flottable pour les exploi-

tations forestières. Dans ce dernier cas, on jette les arbres équarris à l'eau et on va les rejoindre aux barrages établis aux débouchés des cours d'eau dans les rivières navigables.

La longueur du Volga est de 3 660 *km*; mais avec tous ses affluents, ce bassin énorme, comme le peuple russe l'appelle « la petite mer Volga » représente des voies d'eau de plus de 20 000 *km*.

Une statistique, déjà ancienne de vingt années que nous n'avons pu retrouver depuis ce temps, établissait que, pour transporter ce que ce fleuve charriait en une saison, il faudrait employer 480 000 wagons marchant nuit et jour, pendant 18 mois. Le trafic du fleuve a certainement triplé depuis 20 ans.

Les grands fleuves de l'Asie, l'Obi, navigable sur plus de 5 000 *km*, et l'Amour sur plus de 4 500 *km*, vont avec l'achèvement du Transsibérien, être appelés à jouer un rôle très important dans les régions qu'ils traversent.

La Marine marchande russe est relativement en retard. Cela s'explique jusqu'à un certain point par le fait que les territoires sont immenses et que l'étendue des côtes est comparativement restreinte. Les matières premières qu'expédie la Russie sont si nombreuses, que les marines étrangères, dans leur ensemble, viennent les chercher et elles seules sont capables de suffire à son exportation.

Les populations ont, de tous temps, senti la nécessité de la navigation fluviale, ce n'était pas le cas pour le littoral que l'étranger venait toujours débarrasser des marchandises accumulées dans les ports. Aussi, c'est l'État qui a toujours pris l'initiative pour la création des sociétés de navigation.

La plus importante entreprise de ce genre est la Société de navigation et de commerce de la Mer Noire. Elle possède 80 bateaux, jaugeant dans leur ensemble plus de 120 000 *t*, faisant un service régulier entre les ports de la Mer Noire et ceux de la Méditerranée.

La flotte dite Patriotique possède, de son côté, 12 bateaux, jaugeant plus de 35 000 *t*. On l'appelle patriotique ou volontaire, parce qu'elle a été créée par souscriptions patriotiques au moment de la dernière guerre d'Orient. Ses navires rendent de très grands services en assurant des transports réguliers pour les produits de la métropole vers les possessions russes de l'Extrême-Orient. C'est sur ces navires que les rails, fabriqués dans le Donetz, vont à Wladiwostock, à l'encontre de ceux que l'Oural fournit à l'autre

extrémité du Transsibérien, qui avance ainsi des deux côtés à la fois.

Les navires de la flotte Volontaire sont construits de manière à rendre à l'État toutes sortes de services en temps de guerre. Ils peuvent être armés en course au besoin.

Une compagnie de navigation existe aussi pour le service entre Odessa et le Danube. Elle a été créée par le prince Georges Gagarine. Nous le nommons avec plaisir parce qu'il a fait preuve d'une grande énergie et d'un grand dévouement dans cette création et nous avons été témoin de ses premiers efforts.

Le commerce des pétroles a donné lieu à la création d'une flotte considérable, tant à voile qu'à vapeur dans la Mer Caspienne. Elle compte aujourd'hui plus de 1 000 unités. Ces navires sont généralement aménagés pour prendre le liquide en vrac ou en citerne. Ils vont ensuite transborder dans les navires du Volga qui remontent jusqu'à Nijny ou déversent leur marchandise dans des wagons-citernes le long du fleuve, surtout à Tzaritzine qui est le grand point de ramification des chemins de fer allant du Volga vers le centre.

La Mer Blanche possède aussi une certaine quantité de navires, tant à voile qu'à vapeur qui font surtout le commerce d'exportation de bois. Il y a déjà eu, de ce côté, des tentatives très fructueuses de navigation dans la baie de l'Obi. On a remonté avec succès ce fleuve à de très grandes distances, avec des vapeurs, de grand tonnage. Ces tentatives sont en voie de prendre un développement régulier.

La chasse et la pêche.

La chasse est d'une haute importance pour la population de certaines provinces de l'Empire.

Une salle de cette section contenait un groupe intéressant d'engins de chasse et de pièges de tous genres. Des statistiques intéressantes établissent l'abondance du gibier dans plusieurs régions, aussi se fonde-t-il dans ces pays, des fabriques de conserves qui donneront lieu à une exportation importante.

La pêche est une industrie bien autrement considérable en Russie.

D'après une évaluation que nous avons lieu de croire modérée, la consommation du poisson dans la Russie d'Europe seule, s'élève à plus de 1 100 000 tonnes, dont une partie à l'état salé, séché à l'air, fumé, mariné ou en conserve.

tations forestières. Dans ce dernier cas, on jette les arbres équarris à l'eau et on va les rejoindre aux barrages établis aux débouchés des cours d'eau dans les rivières navigables.

La longueur du Volga est de 3 660 *km*; mais avec tous ses affluents, ce bassin énorme, comme le peuple russe l'appelle « la petite mer Volga » représente des voies d'eau de plus de 20 000 *km*.

Une statistique, déjà ancienne de vingt années que nous n'avons pu retrouver depuis ce temps, établissait que, pour transporter ce que ce fleuve charriait en une saison, il faudrait employer 480 000 wagons marchant nuit et jour, pendant 18 mois. Le trafic du fleuve a certainement triplé depuis 20 ans.

Les grands fleuves de l'Asie, l'Obi, navigable sur plus de 5 000 *km*, et l'Amour sur plus de 4 500 *km*, vont avec l'achèvement du Transsibérien, être appelés à jouer un rôle très important dans les régions qu'ils traversent.

La Marine marchande russe est relativement en retard. Cela s'explique jusqu'à un certain point par le fait que les territoires sont immenses et que l'étendue des côtes est comparativement restreinte. Les matières premières qu'expédie la Russie sont si nombreuses, que les marines étrangères, dans leur ensemble, viennent les chercher et elles seules sont capables de suffire à son exportation.

Les populations ont, de tous temps, senti la nécessité de la navigation fluviale, ce n'était pas le cas pour le littoral que l'étranger venait toujours débarrasser des marchandises accumulées dans les ports. Aussi, c'est l'État qui a toujours pris l'initiative pour la création des sociétés de navigation.

La plus importante entreprise de ce genre est la Société de navigation et de commerce de la Mer Noire. Elle possède 80 bateaux, jaugeant dans leur ensemble plus de 120 000 *t*, faisant un service régulier entre les ports de la Mer Noire et ceux de la Méditerranée.

La flotte dite Patriotique possède, de son côté, 12 bateaux, jaugeant plus de 35 000 *t*. On l'appelle patriotique ou volontaire, parce qu'elle a été créée par souscriptions patriotiques au moment de la dernière guerre d'Orient. Ses navires rendent de très grands services en assurant des transports réguliers pour les produits de la métropole vers les possessions russes de l'Extrême-Orient. C'est sur ces navires que les rails, fabriqués dans le Donetz, vont à Wladiwostock, à l'encontre de ceux que l'Oural fournit à l'autre

C'est à cet ouvrage, aussi complet que possible, que nous avons puisé beaucoup des renseignements précieux.

Le seul tort que nous lui reconnaissons, c'est que l'abondance des détails est tellement grande qu'une fois qu'on l'a en main, on ne peut plus s'arrêter dans les recherches.

Nous saisissons cette circonstance pour féliciter vivement ses auteurs.

Vous voyez, mes chers Collègues, par ces courts résumés combien est vaste le sujet que nous venons de traiter au pas de course, pour constater que la Russie est en pleine transformation de son état économique.

Les hommes qui sont à la tête de ce mouvement et dont nous n'avons pu nommer que quelques uns, suivent résolument la voie qui leur est tracée. On ne saurait douter du succès final.

Il y a quelques jours, au moment où nous réfléchissions sur le chemin qu'ils ont déjà parcouru et celui qui leur reste encore à faire, le hasard nous mit sous la main la biographie d'un de vos grands hommes du XVII[e] siècle : Colbert.

Les moyens dont disposait ce grand Ministre, ne peuvent certes pas être comparés à ceux que donnent aujourd'hui aux gouvernements contemporains, le crédit, les progrès de l'industrie moderne, la vapeur, le télégraphe, l'électricité! Mais combien était grand le génie persévérant de cet homme, combien était lourde la tâche de ce serviteur fidèle du Grand Roi qui, avec des moyens comparativement faibles, parvint à faire de grandes choses dans son pays, et à immortaliser son nom, tout en ayant à lutter continuellement contre l'esprit et les entreprises guerrières de Louis XIV!

Félicitons donc, Messieurs, les Ministres de Nicolas II, qui, eux, avec des moyens puissants, ont le bonheur de servir un Souverain qui déclare hautement avoir reçu de son prédécesseur comme le plus précieux héritage, l'amour de la paix!

LES FORAGES ARTÉSIENS
DU SAHARA

PAR

M. Édouard LIPPMANN

Le sujet dont il va être question n'est pas nouveau, il en a été parlé à la Société des Ingénieurs Civils pour la première fois, en 1856, à plusieurs reprises ensuite jusqu'en 1870. Mais, tout en refaisant l'historique et en résumant l'ensemble des travaux qui ont été exécutés depuis quarante années, l'auteur s'attachera à une question qui offre le plus haut intérêt et sur laquelle il conviendrait de faire la lumière si possible, c'est-à-dire l'orientation de la ou des nappes artésiennes du Sahara. Les uns les font venir du nord, d'autres, l'auteur est de ceux-là, croient que c'est du sud : peut-être se trouvera-t-il parmi les lecteurs, des Collègues ayant fait des observations ou des recherches sur ce même sujet ; leur dire sera précieux, car il aidera à résoudre ce problème qui a pour premier corollaire la mise à exécution facile de la grande voie de pénétration commerciale et militaire dans le centre du continent africain.

On a cru longtemps que le Sahara avait été, dans l'origine, un bras de mer, aujourd'hui desséché, qui s'étendait, peut-être, depuis toute la portion de sa côte occidentale entre l'Atlas et les monts de Kong jusqu'à la mer Rouge; mais son sol ne contient aucune trace marine, ni dans les parties qui se trouvent en contre-bas du niveau de la mer, pas plus que dans celles qui ont été fouillées jusqu'à d'assez grandes profondeurs.

Cependant son aspect général révéla, sur bien des points, la présence ancienne de l'eau, mais de l'eau vive et fertilisante.

On trouve d'anciens lits de rivière, avec leurs berges, qui prouvent que le Sahara a été sillonné par de nombreux cours d'eau, disparus depuis longtemps ; de profonds ravins découpés dans les masses rocheuses par le passage de ruisseaux, de tor-

Vous vous associerez volontiers à nous, pour en féliciter leur inventeur, notre sympathique Collègue, M. A. Mallet.

Cette partie de l'Exposition mérite un rapport détaillé et si un des Ingénieurs des Ponts et Chaussées russes, qui lira la relation de notre séance, voulait nous donner un compte rendu plus fourni, notre Société certainement l'accueillerait avec intérêt e reconnaissance.

Avant de quitter cette section, qu'il nous soit permis de di quelques mots de son grand chef, M. le prince Chilkoff, minist des Voies et Communications de l'Empire.

Nous n'avons pas l'honneur de le connaître personnellemen mais nous savons pertinemment que son administration, rela vement peu ancienne, se ressent déjà de sa grande compéten technique des services importants qu'il dirige.

C'est un Ingénieur distingué, personnifiant parfaitement ce énergie tout américaine qu'on trouve souvent chez le Russe. reste, le cas du prince est encore plus américain, si on nous p met cette expression. On en jugera par le fait que, dans sa je nesse, avec son brevet d'Ingénieur des Ponts et Chaussées dans poche, il est allé pendant longtemps chauffer et conduire de locomotives aux États-Unis. Il y a travaillé ensuite dans toutes les branches de l'industrie métallurgique de ce pays. Nous ne serions pas étonné d'apprendre qu'il ait aussi pratiqué en France, en Allemagne et en Angleterre. C'est le cas de dire, comme on le dit au quai d'Orsay : c'est un homme de la carrière.

Il vient de faire une inspection minutieuse le long du Transsibérien et sur les fleuves de la Sibérie jusqu'au Pacific, et, pour gagner du temps. il est revenu par l'Amérique.

L'Industrie villageoise.

Sous le nom d'industrie villageoise, on comprend une quantité considérable de production d'objets de tous genres, fabriqués par des ouvriers en chambre ou en très petits ateliers, répandus dans 37 provinces de la Russie d'Europe, le Caucase et quelques provinces de la Russie d'Asie.

On trouve dans cette section environ 1 500 exposants dont la moitié sont des particuliers et l'autre moitié des communes e établissements provinciaux ou municipaux. Ce sont les provinces au sol pauvre, où l'agriculture ne saurait suffire à faire vivre les populations, qui s'adonnent à ces industries très anciennes et très

ou complètement disparu comme l'Igharghar, ou beaucoup perdu de leur puissance après les grands soulèvements géologiques.

Depuis l'absence d'eau atmosphérique dans ces régions voisines de l'équateur, les rochers, exposés à l'ardeur du soleil et à l'action de l'air, se sont désagrégés en produisant ce sable, cette poussière que les vents ont emportée, constituant ces sortes d'alluvions aériennes, d'abord dunes voyageuses, à la migration desquelles a assisté M. Georges Rolland, Ingénieur en chef au corps des Mines, auquel on doit de nombreux et remarquables écrits sur la géologie et l'hydrologie souterraine de nos possessions d'Afrique qu'il a visitées, explorées et minutieusement étudiées à plusieurs reprises. A l'est d'El Goléah, il a vu ces dunes se mouvoir au-dessus du terrain crétacé et s'arrêter contre le premier obstacle qu'elles rencontraient : derrière elles, le sable que le vent continue à apporter remplit tous les vides ; les rivières se comblent, les forêts s'enfouissent et la surface se nivelle en se mouvementant de rides immenses : de là cet aspect d'une nappe étendue qui, par un effet de mirage, donne l'illusion de la mer avec ses vagues et des flottes de navires qui la sillonnent dans tous les sens.

C'est à ce spectacle grandiose que M. Rolland nous fait assister du haut de la haute falaise de Kef et Dohor dans les intéressantes pages qu'il a écrites sur l'Oued Rir' : l'illusion est complète ! On aperçoit même dans le lointain, comme plusieurs îles vertes, au milieu de cet océan imaginaire : ce sont les oasis qui, dans le désert, naissent, se développent et produisent, partout où l'eau douce se trouve ou peut être amenée.

On distingue plusieurs sortes d'oasis et je ne puis mieux faire que d'en emprunter la dénomination au savant rapport sur les eaux artésiennes du Bas-Sahara algérien, présenté par M. Rolland au Congrès de l'Utilisation des Eaux fluviales en 1889.

Ce sont les *Oasis de rivière*, les *Oasis à puits ordinaires*, les *Oasis d'excavation*, les *Oasis à sources naturelles* et les *Oasis à puits jaillissants*.

Les *Oasis de rivière*, comme leur nom l'indique, sont situées sur des cours d'eau généralement dans le lit des Oueds, ou vallées sahariennes, qui paraissent sèches, mais qui possèdent un certain écoulement au travers de leurs sables et de leurs graviers. C'est le type dominant des oasis du sud des provinces d'Alger et d'Oran, de Laghouat jusqu'au sud-ouest, à Figuig, aux pieds des derniers contreforts du Djebel Amour et des Ksour. Il en existe aussi dans le sud de la province de Constantine, au nord et à

l'est de Biskra, dans les petites vallées qui descendent de l'Aurès vers la grande plaine du Chott Melrir.

Mais ces oueds ne sont réellement alimentés qu'en hiver et au printemps et ce n'est qu'à l'aide de barrages qu'on peut arriver à emmagasiner une partie de l'eau qui servira, d'une manière fort irrégulière, aux irrigations à faire en été. Aussi, ces sortes d'oasis sont celles qui se trouvent placées dans les conditions les plus défavorables.

Les *Oasis à puits ordinaires* sont aussi placées dans de mauvaises conditions : la nécessité de puiser l'eau à bras d'homme ou par le secours d'animaux, ne permet pas une exploitation importante ; aussi ces sortes d'oasis n'existent-elles plus guère maintenant qu'au centre du Sahara algérien, chez les Mzabites, qui font preuve d'une persévérance et d'une ténacité bien remarquables, dont on a eu l'idée à l'Exposition de 1889, en voyant le curieux appareil exposé par la commune indigène de Gardaïa. Cet appareil, employé par les indigènes du Mzab, se compose d'une outre dont la forme et la flexibilité permettent d'extraire, d'aspirer, de sucer l'eau, alors qu'il n'y a plus au fond d'un puits que quelques centimètres de hauteur du précieux liquide.

Les *Oasis d'excavation* sont celles qui se créent en utilisant une nappe qui ne règne qu'à une profondeur de 3 ou 5 *m* sous la surface. On loge les jardins dans des cavités, creusées à main d'homme à une profondeur convenable pour que les palmiers plongent leurs racines dans la nappe aquifère, où ils trouvent une humidité constante. C'est dans ces oasis du Souf, dans le Sahara oriental de la province de Constantine, que se réalisent le mieux les conditions assignées par le proverbe arabe pour la culture du palmier : *Les pieds dans l'eau et la tête dans le feu du ciel*. Aussi, les dattes du Souf jouissent-elles d'une certaine renommée. Mais, ces oasis, au nombre de dix seulement, comptant 180.000 palmiers, ne peuvent s'étendre : elles sont limitées à la zone de l'eau souterraine peu profonde ; et les Arabes, surpris de ne pouvoir y trouver de l'eau jaillissant à la surface, ont créé cette légende : « En fuyant, les chrétiens qui étaient les anciens maitres du pays, ont caché le fleuve par leurs arts magiques, et les musulmans n'ont pas encore réussi à rompre le maléfice ».

Les *Oasis à sources jaillissantes* sont de deux et même de trois sortes : dans les unes, l'eau jaillit naturellement du sol, comme celle du Chott Djerid et les quarante-deux sources célèbres du Zab occidental, à l'ouest de Biskra, qui donnent un débit de

l d'eau par minute et forment une véritable rivière, Mlili; dans les autres, l'eau jaillissante n'est obtenue que :ravail de l'homme, soit par des puits creusés tout entiers soit par des puits forés par la sonde artésienne.

ıuits artésiens, dont le nom moderne vient — comme on — de la facilité avec laquelle on obtenait de l'eau jaillis- ıns les plaines de l'Artois, en enfonçant une tige de fer,)le pieu de quelques pieds, dans le sol, remontent certai- à la plus haute antiquité, à Moïse, qui a simplement li dans le désert du Sinaï, le miracle renouvelé par nos ; de l'Artois et, bien avant eux, par des caravanes égyp- . qui, au dire du docteur Griffith, voyageur anglais, ient une verge dans le sable jusqu'à la rencontre d'une rès peu épaisse qu'elles perforaient pour donner passage :au jaillissante. En Syrie et en Égypte, les oasis sont ali- s par des puits forés. Notre compatriote Ayme Bey, qui a a trente-huit ans, directeur général des établissements rgiques du pacha d'Egypte, a écrit que les oasis de Thèbes harb étaient criblées d'anciens puits artésiens, cuvelés en ou en bois, construits depuis près de 4000 ans, et qu'on ire revivre en les désensablant.

ıe, célèbre historien grec (206-128 avant J.-C.), rapporte Perses, après avoir conquis l'Asie et pour réparer les :s. conséquences de la conquête, accordèrent des terres qui faisaient surgir des sources.

ıre d'Antioche, évêque de Tarse, mort vers 390, donne une .ion de la grande oasis, située dans le désert, à une qua- : de lieues de l'Égypte, et qui n'était fertilisée que par .nt de fontaines sortant des terres, grâce à un grand travail itants.

us (815-891), théologien grec, le plus grand savant de son et Niebuhr, voyageur allemand (1733-1815), qui a visité à plusieurs reprises et a fait le récit de ses voyages, n passage d'Olympiodore, vivant au commencement du e. et qui dit que, dans l'oasis où il est né et où il a été ın creuse des puits à 200 et même 500 coudées de profon- 2 à 230 *m*). de l'orifice desquels s'échappe un courant tilisé pour l'irrigation des champs.

. on sait qu'au commencement de l'ère chrétienne, la fer- ıommée des oasis d'Égypte était due à de nombreux puits nts.

Ce qui se faisait en Egypte, se pratiquait aussi dans cette autre région de l'Afrique dont nous nous occupons aujourd'hui.

Ibn Kaldoun, célèbre auteur arabe (1332-1406), écrit qu'au Sahara « jusqu'au delà de l'Iràk de l'ouest, on fait jaillir de l'eau courante, en creusant des puits maçonnés jusqu'à une très grande profondeur : On arrive à une pierre très dure, on diminue son épaisseur au moyen de marteaux et de pioches; quand elle est amincie, le travailleur remonte et la frappe avec un morceau de fer, jusqu'à ce qu'elle se brise en livrant passage à l'eau; l'eau monte, remplit le puits et coule à la surface de la terre comme une rivière ».

Vers 1663, El Aïachi, autre écrivain arabe, au retour de son voyage à Ouargla, racontait ce qui suit, sous le titre : *Singularité des Singularités de la Ville de Ouargla.* « Pour que l'eau sorte avec force, ils creusent des puits à environ 50 k'ama (brasse ou 1,65 *m*) de profondeur, à laquelle ils atteignent une marne, qu'on appelle *h'adjeramous'fah* ou pierre plate, laquelle se trouve à la surface du noyau de la terre. Ils font un trou à cette couche et l'eau en jaillit aussitôt avec force et abondance; en moins de rien, elle arrive à l'ouverture du puits d'où elle coule et forme un ruisseau. Si celui qui pratique le trou n'est pas attentif, il est étouffé par la colonne d'eau. Ceux qui nettoient ces puits ont de grandes difficultés à surmonter et des dangers à courir; souvent même, la violence du mouvement d'ascension empêche de le curer; alors le trou finit par se boucher. Un de mes amis qui a vu nettoyer de ces puits, m'a informé d'une chose fort singulière : c'est que les sources de l'Oued Rir' ont cette origine ».

Enfin, le voyageur anglais Shaw (1692-1751) dans ses Voyages ou « *observations relatives à plusieurs parties de la Barbarie et du Levant* », dit « que le Wad Reag (Oued Rir') est un amas de villages situés fort avant dans le Sahara. Ces villages n'ont ni sources, ni fontaines; les habitants se procurent de l'eau d'une façon fort singulière : ils creusent des puits à 100 et quelquefois 200 brasses de profondeur et ne manquent jamais d'y trouver l'eau en grande abondance; ils enlèvent, pour cet effet, diverses couches de sables et de graviers, jusqu'à ce qu'ils trouvent une espèce de pierre qui ressemble à de l'ardoise, et que l'on sait être précisément au-dessus de ce qu'ils appellent *bahar taht el erd* ou la *mer au-dessous de la terre*. Cette pierre se perce aisément : après quoi, l'eau sort si soudainement et en si grande abondance, que ceux qu'on a fait descendre pour cette opération en sont quelquefois

ffoqués, quoiqu'on les retire aussi promptement que pos-
)le ».

Ces citations me conduisent tout naturellement à vous donner elques détails qui vous intéresseront peut-être sur les procédés i, de toute antiquité, ont été mis en usage par les Sahariens ns leur lutte pour « *ressusciter la terre* » « *faire refleurir le sol de* ».

Élisée Reclus nous dit que l'indigène attribue la création des irces jaillissantes au souverain mythique des premiers âges, u'l Kornien, le prince aux « deux cornes », qui perçait le roc ec une tarière pour faire surgir les sources nouvelles, car il nait la « fontaine de la vie » ; il est immortel, « toujours vert » mme l'oasis qu'il a fait naître. Mais il n'apparaît plus aux mmes du désert et son œuvre ne fut continuée que par les scendants de ses premiers disciples, formant la corporation éciale des *r'tassim* ou plongeurs, qui étaient adjoints aux *meallem* ii signifie *savants*, sans doute parce que c'étaient ceux-ci qui, ir leur science, pouvaient désigner les points où l'on devait mpter trouver la mer souterraine.

Quand l'emplacement d'un puits était choisi, les meallem se .ettaient à l'œuvre. La plupart du temps, après avoir creusé uelques mètres, on rencontre une première nappe d'infiltration 'eau de mauvaise qualité ou insuffisamment abondante, à laquelle s Arabes donnent le nom général d'*El-ma-fessed*(eau mauvaise), arce qu'elle leur crée des difficultés pour la continuation du avail. On l'épuise avec des outres en peau de bouc; si on ne eut l'épuiser, on recommence sur un autre point. L'excavation idée, le fonçage se continue jusqu'à des profondeurs variant de) à 80 mètres, en employant les instruments les plus grossiers, dinairement une petite pioche à manche très court, appelé *fas*. ous les passages ébouleux sont maintenus par des cadres en bois 60 à 90 *cm* de côté, et construits avec des troncs de lmiers, refendus longitudinalement, assemblés à mi-bois. Ces dres grossiers, placés horizontalement, sont peu jointifs; on médie à cela en glissant entre ce coffrage et les parois du its, un calfatage fait par un corroi d'argile mélangé avec des yaux de dattes et des matières ligneuses du palmier.

Les matériaux sont remontés au sol à l'aide d'un appareil des ls primitifs : il consiste en un simple échafaudage composé de ux troncs de palmier verticaux, de 2 *m* de hauteur, installés à uverture du puits et reliés en haut par une traverse ronde, fixe,

sur laquelle s'enroulent deux cordes faites avec le pédoncule o les feuilles du palmier. Ces cordes en glissant autour de la tr verse ronde de l'échafaudage descendent ou remontent le pani en feuilles de palmier — appelé coffin — que le meallem do remplir.

Quelquefois, le meallem est encore obligé d'abandonner le travail par la rencontre d'une roche résistant à l'action de son fas.

Mais s'il a pu arriver jusqu'à la couche qui recouvre la mer souterraine, le meallem s'arrête, car il court le danger, en crevant ce couvercle, d'être gagné, englouti par l'irruption rapide de l'eau jaillissante. On débat alors la prime, le prix du sang, *la dia*, que les habitants de l'oasis doivent payer à l'ouvrier qui donnera le dernier coup de pioche; la dia varie entre 8 et 1 600 réaux (440 à 880 *f*), suivant l'épaisseur qu'on juge avoir à traverser.

Alors le meallem le plus habile est attaché à la corde et va faire jaillir l'eau.

Dans certaines contrées, comme à Tougourt, l'eau ne monte pas tout de suite jusqu'au sol; elle arrive par l'ouverture, en entraînant une masse de sable qui commence à combler le puits sur une certaine hauteur, et qu'il faut enlever pour que l'eau prenne un écoulement constant. C'est alors que commence la mission bien plus périlleuse des r'tassin.

On commence par descendre au fond du puits, contre le milieu d'une de ses parois, une corde portant à son extrémité inférieure une lourde pierre, et attachée par en haut, en la tendant fortement, à l'un des pieds de l'échafaudage; en face, descend une autre corde qui porte le coffin et qui passe par-dessus la traverse horizontale.

La corde fixe sert au plongeur à effectuer son ascension et sa descente, et il l'emploie aussi comme signal pour communiquer du fond avec l'équipe du haut.

Une équipe de r'tassin se compose ordinairement de quatre plongeurs et d'un chef. Les plongeurs ont les cheveux rasés, ils doivent être à jeun, pour leur travail, qui commence vers neuf heures du matin, lorsque le soleil est déjà haut sur l'horizon, et finit vers trois heures, quand la fraicheur commence à se faire sentir. Un grand feu brûle tout le temps près de l'orifice du puits.

Le r'tass pour qui c'est le tour de plonger s'approche du feu et se chauffe fortement tout le corps : il se bouche les oreilles avec du coton imprégné de graisse de boue, puis se plonge dans l'eau jusqu'aux épaules en s'assujettissant par les pieds contre le boi-

du puits : dans cette position, il fait ses ablutions, quelques
res, puis tousse, crache, éternue, se mouche, aspire l'air for-
ent à deux ou trois reprises et le rejette contre l'eau en pro-
ant un sifflement, dit adieu à ses compagnons, saisit la corde
ue et se laisse glisser. Arrivé au fond, il remplit prestement
artie le coffin qui l'y a précédé, et il remonte, à l'aide des
mains, le long de la corde tendue.

ut cela se fait dans le silence le plus absolu. Les ordres en
se donnent par signes. On sent que l'on est en présence d'un
ger imminent, que la vie d'un homme est en jeu.

chef, assis au bord du puits, tient à la main la corde tendue
recevoir les signaux du travailleur; un r'tass tient la corde
offin appliquée contre la paroi pour ne pas gêner le plongeur
par une première secousse, demande qu'on lâche un peu le
n, une deuxième indique qu'il a fini et va remonter ; alors,
ient la corde du coffin simplement sur le raide, pour ne pas
er l'ascension de l'ouvrier. Celui-ci, en arrivant au jour, est
rassé par ses compagnons qui le sortent du puits et le con-
ent près du feu. On retire le coffin chargé de sable, et un
e plongeur se prépare à descendre.

immersion dure de deux à trois minutes, on en a vu, paraît-il,
er jusqu'à 3 minutes 40 secondes. C'est énorme!

arrive quelquefois que le r'tass est suffoqué, soit avant d'ar-
r au fond du puits, soit pendant son travail, soit pendant
l remonte. Le chef s'en aperçoit aux secousses de la corde,
sur un signe, un des r'tassin se précipite au secours du cama-
, sans faire, bien entendu, tous les préparatifs habituels.

e premier mouvement de celui qui a été sauvé est d'embras-
le sommet de la tête de son sauveur en signe de reconnais-
e.

ais ces puits artésiens creusés par les meallem et les r'tassin
ont pas généralement de longue durée; non seulement ils sont
ts à se réensabler et à réclamer souvent le concours des
ssin, mais au bout d'un certain temps, ils périssent par la
radation de leur boisage, par la chute des parois, par le mé-
ge de l'eau artésienne avec les eaux corrompues. Aussi, depuis
, époque où la sonde artésienne française a fait son appari-
dans le Sahara, les *savants* et les *plongeurs* sahariens ont dis-
de partout, excepté, paraît-il, dans la région soumise aux
abouts de Temacin, métropole religieuse à 13 *km* au Sud de
gourt: là, les r'tassin continuent de travailler pour une faible

rémunération, mais soutenus par l'espoir de participer aux joie du paradis.

A cette époque, il n'existait plus dans l'Oued-Rir' qu'une douzaine de r'tassin et trois chefs, tous phtisiques ou abrutis pa l'abus du kif, espèce de chanvre indien qu'ils fument. Un de ce chefs, fort âgé, atteint de surdité et de cécité, qui guidait enco ses élèves et leur donnait, par instinct, des renseignements préc pour percer la couche de la mer souterraine, ne cessait de répe ter : « Nos enfants se ramollissent et craignent le danger. Si Dieu, le possesseur des miracles, ne vient point à notre aide, dans dix ans, l'Oued-Rir' sera abandonnée et ensevelie sous les sables. »

En effet, les oasis célèbres de *Tamerna la belle* dépérissaient faute d'eau : les puits des oasis de Mraïer, Sidi-Sliman, Ourlana, Bram, Tiguedidin, etc., formaient d'immenses *behour* (mares ou lacs artésiens) près desquels on n'osait s'approcher. L'oasis d'El-Berd était complètement sous les sables et celle de Sidi-Rached sur le point de périr.

C'est en voyant cet état de décadence complète que le général Desvaux, qui commandait à cette époque la colonne expéditionnaire, communiqua au maréchal Randon, gouverneur de l'Algérie, son projet de relier Biskra à Tougourt par une série de puits artésiens, et d'entreprendre de rattacher à la France, par la reconnaissance, toutes ces malheureuses populations de l'Oued Rir', en rendant à leurs oasis, et pour toujours, leur ancienne splendeur.

L'un de mes prédécesseurs et maîtres, Ch. Laurent, qui fut un des plus laborieux et des plus zélés membres de notre Société, dont il était vice-président quand il a été si prématurément frappé par la mort en 1871, nous a décrit ici son voyage au Sahara et nous a, à maintes reprises, rendu compte des succès de la sonde française dans notre riche colonie. C'est dans l'hiver 1855-56 qu'il fut appelé à se joindre à une expédition qui devait parcourir le Zab, le Souf et l'Oued Rir' pour reconnaître les terrains et rechercher les points les plus favorables, en même temps qu'il étudierait la composition du matériel à expédier dans ces contrées où les transports sont des plus difficiles.

Dès le début du voyage, Ch. Laurent, ayant eu l'occasion d'assister à la manière de faire des R'tassin, fut assez heureux pour pouvoir, tout de suite et bien facilement, faire voir aux Arabes la supériorité de nos procédés sur les leurs.

Une équipe de R'tassin était occupée, à Megarin, à désensabler un puits qui appartenait au marabout Si-el-Meunouar. L'équipe de

plongeurs comprenait quatre hommes et le chef; chaque R'tass fit quatre à cinq plongeons, ramenant chaque fois environ 10 *l* de sable dans le coffin. La journée finie, ils avaient au plus extrait 200 *l* de sable. A ce moment, Ch. Laurent descendit dans le même puits, au bout de la corde, une cuiller de sondage, dite cuiller à boulet, qu'il avait fait construire grossièrement et rapidement dans les ateliers du génie à Biskra. Chaque voyage de l'instrument demandait sept minutes en tout pour ramener au sol plus de 10 *l* de sable, donc 80 *l* par heure et plus de 500 *l* dans les six heures qui forment la journée de travail du R'tassin.

Ch. Laurent, de retour en France, fit immédiatement composer un matériel dans lequel tout fut prévu pour éviter des hésitations, des arrêts, qui, pour ces populations méfiantes et sceptiques, auraient passé bien vite pour un échec, une défaite de l'industrie européenne, et auraient eu la plus fâcheuse influence sur les travaux ultérieurs.

Le matériel de sondage fut débarqué à Philippeville en avril 1856. Il était précédé par l'Ingénieur Jus, envoyé par la maison Degousée pour prendre la direction des travaux.

Voici quarante ans que M. Jus est en Algérie, voici quarante ans qu'il remplit avec zèle et dévouement la haute mission dont il a été chargé. On peut dire que c'est à sa louable persévérance autant qu'aux intelligentes et profondes études qu'il a faites sur l'allure et la puissance des eaux souterraines du Sahara, que sont dus les brillants résultats qui ont été obtenus et les succès continuels, remportés par nos vaillants travailleurs militaires qui ont été ses élèves et n'ont jamais cessé de recevoir et de suivre ses conseils. Aussi le nom de Jus est-il, dans le Sahara, dans toute l'Algérie, devenu un des plus populaires. Les Arabes, qui sont animés envers lui d'une vive reconnaissance et d'une confiance absolue, le nomment le « père de l'eau »; car ils savent que c'est à lui que sont dues ces véritables rivières fournies par les puits artésiens qui ont fait ressusciter leurs anciennes et brillantes oasis, et donné la vie aux nouvelles plantations qui amènent dans toute cette région une richesse, un bien-être inconnus jusqu'ici; ils savent aussi que son savoir n'a jamais été mis en défaut, que partout où il a fait enfoncer la sonde, celle-ci a toujours atteint le but promis. Aussi peut-on dire que M. Jus a honorablement conquis le grade d'officier de la Légion d'honneur; et le gouvernement d'Algérie lui a fait conférer le titre d'Ingénieur honoraire des sondages.

Le premier sondage fut commencé à l'oasis de Tamerna le 17 mai 1856, et le 9 juin, la sonde faisait jaillir, en présence des indigènes étonnés, une gerbe d'eau débitant plus de 4000 *l* par minute. Ce splendide résultat émerveilla les Arabes. Les Français avaient pu en vingt-trois jours faire jaillir de la profondeur de 52 *m* une véritable rivière; les Meallem et les R'tassin auraient mis peut-être une année pour atteindre une telle profondeur, et n'auraient jamais pu obtenir un tel volume d'eau sans faire plusieurs victimes.

Des fêtes et réjouissances publiques, des cérémonies religieuses, des fantasias, des danses consacrèrent cette journée mémorable. La nouvelle se répandit dans tout le sud avec une rapidité inouïe. On vint de très loin pour admirer cette merveille.

Dans une fête solennelle, les marabouts réunis baptisèrent cette fontaine du nom de *Fontaine de la Paix*, faisant ainsi comprendre que le travail qu'on venait d'exécuter avait fait plus pour la conquête et la pacification du sud que les brillantes victoires de nos armes.

Ces précieux résultats ne firent que s'accentuer par la continuation de ces travaux. Du reste, voici quelques extraits succincts des rapports officiels adressés au gouvernement.

Dans le premier, le général Desvaux, en 1857, écrit : « La campagne artésienne est terminée, le succès a couronné les efforts, dépassé les espérances. L'opinion publique indigène a été fortement impressionnée par ces utiles travaux, par l'énergie de nos outils. L'administration française a changé la face de ces contrées: à l'anarchie, à l'injustice des temps anciens, aux brigandages habituels, elle a substitué un gouvernement juste et réparateur: elle a rendu la sûreté aux routes, hier encore si dangereuses. Les travaux qu'elle exécute sont d'une nécessité absolue; leurs bien faits sont hautement appréciés par les partisans de la France qui proclament que notre gouvernement a plus fait en deux ans pour la paix et la prospérité de l'Oued Rir', que n'avaient fait les Ben Djellah pendant les siècles de leur commandement. »

En 1859, le capitaine du génie Aublin, commandant supérieur de la division de Batna, disait, entre autres choses, dans son rapport :

« Les efforts de nos soldats, dirigés par M. Jus, viennent donc trois fois cette année, dans cette contrée nouvelle (le Hodna), de renouveler les miracles qu'a déjà enfantés la sonde artésienne dans l'Oued Rir'. C'est évidemment là un résultat immense; c'est

ıx des indigènes une nouvelle preuve de notre supériorité ; c'est enfin la confirmation de cette croyance si accréditée, ; régions sahariennes, qu'autrefois, du temps où les chré- .bitaient ces contrées, les fleuves, dont maintenant les lits sséchés, contenaient des masses liquides qui fécondaient et que les chrétiens seuls ont pouvoir de faire jaillir... de tels travaux, de tels succès qui amèneront peu à peu ɔes à comprendre les bienfaits de la civilisation; ce sont ıves d'intérêt que nous ne cessons de donner à ces popu- du sud, en entreprenant des œuvres si utiles pour elles, rendront aux indigènes à nous aimer... »

s encore cet extrait du rapport du général Perigot en 1869 : notice de 1868 a pu permettre de reconnaître l'étendue des ; que les forages artésiens sont appelés à rendre dans les moyennes. Je dois ajouter aujourd'hui que les chaleurs ɔnnelles de l'été dernier ont permis d'en apprécier toute ır. Près des rivières vides, ou ne donnant plus qu'une ımâtre et infecte, nos fontaines ont continué à fournir des ıches et limpides: grâce à elles, l'épidémie qui a désolé tie de l'Afrique n'a fait que peu de victimes parmi les ıccourus de tous les points pour en occuper les abords. ıis-je affirmer, sans crainte d'être contredit, que le Hodna son salut qu'aux puits créés par la sonde artésienne et ıs eux, il eût été, dans cette période, complètement aban- »

urrais multiplier ces citations, car, pendant les quarante ıui viennent de s'écouler, la sonde artésienne n'a fait que er ses succès, sans autre interruption que cette cruelle et euse période pendant laquelle la France malheureuse a dû pel au concours de tous ses enfants, épuiser toutes ses :es militaires pour défendre son honneur jusqu'à la der- nite et conserver intacte, dans ses injustes revers, l'au- effaçable de son glorieux passé.

ıussitôt la paix rétablie, après avoir réparé rapidement les ommis sur les puits par quelques insurgés arabes ou plu- leurs femmes, leurs enfants et leurs troupeaux, les tra- ; militaires se remirent vaillamment à l'œuvre pour com- une nouvelle série de succès, dont l'influence s'était déjà autrement que par les effets décrits dans les rapports offi- .r un fait caractéristique que j'ai oublié de signaler : 859, la corporation des R'tassin qui, jusque-là, s'était non

seulement montrée indifférente, mais même très hostile à nos procédés, voyant que notre triomphe était si considérable et si complet qu'il lui devenait impossible de chercher à égarer l'opinion publique, demanda elle-même un équipage de sonde pour l'achèvement et le curage des puits de Tougourt, et le gouverneur général fit constituer un atelier spécial de sondage, composé exclusivement des R'tassin travaillant sous les ordres et la direction du sergent D'Ilem, du 3e tirailleurs algériens, qui était aussi un des élèves et collaborateurs de M. Jus.

En ramenant à profusion l'eau au Sahara par les forages artésiens, l'administration a donc réussi, en première ligne, à assurer la paix et la tranquillité dans toutes ces contrées qui sont maintenant attachées à la France par la reconnaissance et l'admiration : Dans l'Oued Rir' et dans toute la région du Sud jusqu'à Ouargla. les oasis ruinées sont redevenues florissantes, de nouvelles se sont créées : dans le Tell et sur le littoral, les puits forés utilisés pour l'alimentation des tribus, ont permis au gouvernement algérien de créer de nouveaux centres européens ; dans le Hodna oriental et occidental, autour des puits ascendants ou jaillissants sont venues se fixer les populations, jusque-là nomades, qui étaient forcées d'aller l'été, avec leurs troupeaux, à la recherche de l'eau qui leur faisait défaut ; des routes stratégiques ont été jalonnées dans tout le Sahara et ont mis nos convois militaires à l'abri des surprises de la part des nomades et des oasiens : enfin, les portes de l'Oued Rir' ont été ouvertes à la colonisation française. Un colon, M. Duffourg, avait entrepris, le premier, des plantations de palmiers dans sa ferme d'El Outaya, dans le Mzab : mais c'est dans l'Oued Rir' que se sont faites les créations d'oasis les plus importantes. Ce fut l'agha Ben Driss qui fit exécuter le premier, pour son compte personnel, un forage *près d'Ourlana*. Son puits réussit, lui fournit 5 000 *l* d'eau à la minute, avec une chute qu'il utilisa pour actionner son moulin. Il fit une plantation de 5 000 palmiers. MM. Fau et Fourreau, explorateurs français, qui avaient, en 1878, acheté toute plantée, dans le Mzab, l'oasis Foughala et 23 500 palmiers, formèrent la Compagnie de l'Oued Rir' et firent exécuter en 1881, non loin du puits de Ben Driss, à Chria Saïah, un forage qui donna 3 m^3 à la minute et créèrent une oasis de 7 500 palmiers. M. Rolland, pendant sa mission transsaharienne à El Goléa, en 1880, fut frappé de l'avenir réservé à l'Oued Rir' et fonda, en 1881, avec M. de Courcival, ancien officier de l'armée d'Afrique, la Société agricole de Batna et du Sud-Algérien qui, en

:inq années, fora sept puits artésiens, fit naître trois oasis et rois villages, défricha 400 *ha* et planta 50 000 palmiers.

La Société agricole du Sud algérien fit exécuter ses forages à ses frais, par les ateliers militaires des sondages de l'Oued Rir'.

M. Jus, qui avait accepté d'être directeur de la Société, fut un conseiller précieux pour le choix des emplacements des forages qui, à eux sept, donnent 21 000 *l* d'eau à l'heure. La Compagnie le l'Oued Rir', sans le secours des ateliers militaires, en a foré 13 qui débitent 26 000 *l* par minute.

Je ne veux pas entrer ici dans des détails techniques qui ne résenteraient sûrement qu'un intérêt secondaire, de même que e n'ai pas voulu donner la nomenclature des nombreuses localités ui ont été successivement occupées par les ateliers de sondages.

Je dirai seulement, d'une manière générale, que plusieurs de es sondages ont été poussés jusqu'à des profondeurs dépassant 00 *m*; mais leur profondeur moyenne est d'environ 70 à 80 *m*. s sont forés généralement à un diamètre initial de 30 *cm* et assent successivement aux diamètres de 25, 20 et 15 *cm*, suivant ue la nature des terrains exige des tubages plus ou moins nombreux qui, chaque fois, rétrécissent le diamètre de 5 *cm*.

Tout le matériel se transporte à dos de chameaux, et doit être onstruit en conséquence, car la charge d'un de ces animaux ne oit pas dépasser 100 *kg*, c'est dire que chaque convoi de transport comporte généralement 80, 100 et 150 chameaux. Les différentes pièces du matériel ne doivent pas avoir une longueur de lus de 4 *m*, c'est un maximum; car on comprend les difficultés, es embarras, les accidents qui peuvent se produire dans la mise n mouvement d'une telle cavalerie, si je puis m'exprimer ainsi, ar les enchevêtrements de pièces d'une trop grande longueur. Enfin, si l'on se rend compte de la nécessité qu'il y a d'équilibrer a charge des deux côtés de l'animal, quand il n'est pas chargé ongitudinalement, suivant son axe, par dessus sa bosse, on voit combien il faut avoir affaire à des gens expérimentés, pour faire, lans une masse d'objets aussi disparates que le sont ceux qui composent un matériel de sondage, une sélection judicieuse des pièces qui se feront équilibre.

Au point de vue géologique, les sondages sahariens présentent eu de variété : dans la presque totalité on ne rencontre d'abord ue les terrains d'atterrissement d'âge quaternaire ou post-pliocène; ais ce sont des poudingues, sables et grès gypseux appartenant u pliocène supérieur, et l'eau artésienne se trouve dans des

sables très fluides, très perméables, au-dessous de couches de marnes gypseuses qui ont pu être classées dans le pliocène inférieur par l'examen des coquillages fossiles apportés par l'eau jaillissante : ceci se rapporte particulièrement au Hodna, à l'Oued Rir' et au sud jusqu'à Ouargla. Dans le sud des provinces d'Alger et d'Oran, surtout dans la plaine d'El Goléa, les forages ont trouvé des nappes artésiennes ou ascendantes dans les terrains crétacés qui donnent également les sources et les puits jaillissants du Sud tunisien. C'est aussi des terrains crétacés, sur le cénomanien, que sourdent les fontaines naturelles du Mzab. Il y aurait donc des recherches sérieuses et intéressantes à faire encore au-dessous des nappes des terrains tertiaires, en pénétrant jusque dans les couches cénomaniennes de l'âge crétacé sous-jacent, et aussi en ayant le courage de descendre jusque dans les grès albiens de la base de cet étage géologique.

Dès 1859, on avait constitué quatre ateliers militaires; celui fonctionnant dans le Hodna, conduit par M. Jus, qui conservait la surveillance de tous les autres ateliers; le deuxième continuait à travailler dans l'Oued Rir'; le troisième, dans les environs de Tougourt; le quatrième exécutait, dans diverses tribus de la frontière tunisiennes, de petites recherches d'eau, seulement ascendantes, pour être utilisées avec l'emploi de petites pompes ou de norias.

En *1866* l'atelier de l'Oued Rir' se porta dans *le Tell*, mais il dut revenir dans l'Oued Rir' en 1869, et son retour fut célébré par des fêtes et des réjouissances publiques.

En 1876 M. le Préfet de Constantine, dans le but d'organiser des équipages à mettre à la disposition des services publics, des communes et des colons qui en feraient la demande, organisa quatre nouveaux ateliers, toujours placés sous la direction de M. Jus et qui, pendant ces dernières années, n'exécutèrent pas moins de 212 sondages, tant pour recherches et études à grandes profondeurs, et pour procurer des eaux potables à des communes et à des colons, que pour études de fondations diverses, etc.

Actuellement, pour la campagne 1896-97, deux ateliers militaires, l'un sous la direction de M. le lieutenant Cail, du 5e bataillon d'Afrique, et l'autre conduit par le sergent Gilbert, du même bataillon, fonctionnent avec succès dans le Hodna et dans le sud de l'Oued Rir', jusqu'à Tougourt.

En résumé, du 1er juin 1856 au 1er juillet 1896, les ateliers militaires de la province de Constantine ont exécuté :

1° 329 sondages, représentant ensemble une profondeur de 6252 *m* ;

2° 443 recherches d'eaux potables ou études de fondations, eprésentant une profondeur totale de 7 862 *m*.

Donc, en tout, 772 sondages formant une longueur totale de 4114 *m*.

On a obtenu 320 nappes jaillissantes et 452 autres nappes ascen-antes.

Les nappes jaillissantes débitent ensemble 340 620 *l* par minute. lans ce chiffre l'Oued Rir' possède à elle seule 229 forages arté-iens donnant 312 457 *l* par minute, ce qui fait 450 000 000 *l* mployés à l'irrigation par 24 heures et 164 250 000 m^3 par an, our lesquels on a dépensé, en totalité, 844 000 *f*. Si on fait le alcul, on voit que si on faisait payer seulement 0,005 *f* le mètre ube par an, la dépense entière serait amortie en moins d'une nnée.

Le prix des forages varie naturellement beaucoup suivant les irconstances, suivant la profondeur, les natures de couches tra-ersées, les nombres et dimensions des tubages, etc.. etc. M. Jus ous donne comme suit la moyenne du prix du mètre de forage ıbé, suivant les régions :

Région de l'Oued Rir'	53 *f*
— du Hodna	49
— des Chotts ou Lacs Salés	59
— du Sahara.	35
— du Tell ou littoral	101

Les puits sont exécutés pour le compte des oasis ou des parti-uliers, après délibération des djemaà (conseil des notables du illage), et approbation du commandement militaire et du gou-ernement général.

Le commandement militaire prête ses appareils, facilite les ansports et la main-d'œuvre. Le gouvernement général alloue s subventions pour le remplacement du matériel et pour les avaux d'utilité publique.

Le remboursement intégral de chaque puits s'opère après la nte de la récolte des dates, au moyen de cotisations person-lles fixées par les djemaà et versées à la caisse du receveur s contributions diverses. Ces cotisations sont établies d'après le x du puits, proportionnellement au partage de son débit en ıba (part d'eau).

Le débit du puits est partagé entre les propriétaires proportionnellement au nombre des palmiers qu'ils possèdent ; la nouba correspond à une durée de jouissance de douze heures.

Les propriétaires de nouba peuvent les céder en totalité ou en partie, ou s'entendre entre eux pour que leurs palmiers soient irrigués au moins tous les huit ou dix jours. Jusqu'à présent, une nouba des puits indigènes vaut de 60 à 65 *f*, celle des puits français de 70 à 75 *f*.

Les puits indigènes, comme je l'ai dit au début, périssent par éboulement au bout d'un certain temps qui varie entre douze et vingt ans ; les puits artésiens français ont une durée qui n'a pu encore être déterminée, car tous, depuis le premier, celui de Tamerna exécuté en 1856, sont encore en pleine activité et leur rendement ne s'est pas sensiblement modifié.

M. Jus, par une étude attentive et approfondie, a reconnu que, dans le bassin de l'Oued Rir', les nappes artésiennes suivent, dans les couches aquifères qui les retiennent, une multitude de chemins irréguliers, s'entre-croisant comme les mailles d'un filet qui aurait une longueur de 120 *k* et une largeur de 4 à 8 *k*. Mais quelle est la direction générale de la nappe principale et, comme conséquence, quelle en est l'origine ?

Les Meallem et les R'tassin ont toujours émis l'opinion qu'elle coulait du sud au nord et qu'alors elle descendait des montagnes du Sud, de l'Igharghar ou des monts de la Lune, peut-être pour aboutir au Chott Melrir. M. Rolland et M. Jus sont d'un avis contraire.

Voici comment M. Rolland s'exprime dans son rapport présenté le 10 juin au Congrès sur l'utilisation des eaux fluviales, à l'Exposition universelle de 1889.

« Les eaux artésiennes du Bas-Sahara algérien et tunisien viennent du nord et descendent des massifs de l'Atlas. Leur alimentation s'opère de deux manières principales : par les eaux météoriques qu'absorbent les terrains dits d'atterrissement du Bas-Sahara, et par les eaux déjà artésiennes qui proviennent des terrains crétacés de l'Atlas. Il y a d'abord les eaux de pluie et les eaux courantes des vallées qui s'infiltrent en partie dans les sols perméables du Bas-Sahara, soit directement, soit par l'intermédiaire des grandes dunes de sable (qui absorbent les pluies, mettent cette eau à l'abri de l'évaporation et la rassemblent à leur base sous forme de larges nappes). Elles descendent souterrainement en vertu de la pesanteur, acquièrent ainsi de la pression et

deviennent susceptibles de jaillir dans l'intérieur du bassin. Or, pour ce qui est de ce premier mode d'alimentation, l'appoint le plus important est fourni par les rivières qui descendent du nord, Oued Djeddi, Oued Biskra, Oued El Arab, Oued El Tarfaoui, lesquelles présentent des crues volumineuses et torrentielles après les pluies d'hiver et, lors de la fonte des neiges, au printemps. En second lieu, les eaux fournies annuellement par les pluies et les neiges qui tombent sur les montagnes du Nord, dont les altitudes atteignent 2 300 *m* dans l'Aurès, s'infiltrent elles-mêmes en partie dans ces massifs montagneux et sont absorbées par les couches perméables qu'elles y rencontrent. Ainsi prennent naissance, dans l'Atlas, d'abondantes nappes qui circulent souterrainement et s'écoulent, avec pression croissante, vers le sud, pour aller reparaître, dans le Bas-Sahara, à plus de 2 000 *m* en contre-bas des lieux d'origine et pour y jaillir soit directement au jour, comme au Mzab, soit sous une certaine épaisseur de terrains où elles remontent ensuite, comme dans l'intérieur du bassin ; or, ce second mode d'alimentation se fait exclusivement par le nord. »

Mais, je ne suis nullement convaincu de cette origine, et sans prendre absolument parti pour les R'tassin qui ont bien pu cependant baser leur opinion sur la direction du jet au moment où ils percent le couvercle de la nappe, je me demande si l'on ne pourrait pas appliquer les idées de M. Rolland aux cours d'eau existants ou disparus, aux infiltrations quaternaires, tertiaires ou crétacées du versant septentrional des montagnes du Sud, lesquelles, comme je l'ai dit au début, reçoivent beaucoup plus d'eau que l'Atlas et qui n'ont pas été explorées.

Ce qui me fait hésiter à donner le nord comme origine à ces eaux, c'est que les forages tentés au nord du Chott Melrir et poussés à de grandes profondeurs n'ont pas donné d'eau jaillissante, tandis que, jusqu'à présent, en descendant au sud, on en a toujours trouvé. Les puits peu profonds et qui sont alimentés par les infiltrations quaternaires devraient être influencés par les années sèches, et il n'en est rien. Il y a encore la minéralisation des eaux artésiennes et leur température, laquelle est de 21°, souvent 25° et quelquefois 34°, comme les sources de Chetma dans le Mzab central, qui impliquent une traversée longue et lente à travers les terrains sahariens avant de s'infiltrer dans les profondeurs. Il y a la règle presque générale que nous observons partout ailleurs dans l'allure des eaux souterraines, qui, sans suivre d'une manière absolue l'allure des eaux superficielles, ont

plutôt leur origine du côté des sources, des grandes rivières et du côté du versant des vallées qui sont le plus en pente douce. Je pourrais encore trouver d'autres arguments pour expliquer mon hésitation, mais je m'arrêterai à ce dernier qui est relatif à ce fait intéressant et que je n'ai pas encore mentionné : je veux parler de ces petits poissons, de ces coquillages, de ces crabes qui sortent vivants de plusieurs des puits artésiens du Sahara.

Les poissons sont des Cyprinodontes; les premiers qu'on recueillit l'ont été au puits de Tamerna, en 1858, c'est-à-dire deux ans après son achèvement; alors, comme le dit M. Jus, le canal souterrain avait pu s'élargir et se dégager par l'entraînement du sable. Plus tard, à Ourlana, la nappe rencontrée à 72 *m* en fournit beaucoup dès le jaillissement.

De 1868 à 1872 on recueillit des poissons chromides, des coquilles et en 1878 des crabes.

Le premier crabe fut fourni par le puits de *Mazer* exécuté en 1875; il était de la grosseur du petit doigt et sa présence avait été parfaitement constatée à la sortie du tube d'ascension. On mit en doute son origine, et pour la démontrer on coiffa le haut du tube du forage d'un filet dans lequel on recueillit une quantité de crabes, de chromis, d'hemicromis et de coquilles.

Je sais bien que sur ce point je ne suis pas encore d'accord avec M. Rolland, qui fait tout simplement venir ces êtres de Behour et Chria, voisins des forages, avec lesquels ceux-ci se mettent en communication par des voies profondes et souterraines. Mais par ces canaux suffisamment libres pour livrer passage à ces petits animaux, la communication de l'eau serait telle que l'eau du puits artésien jaillirait par le Bahr, si celui-ci est en contre-bas du puits foré, ou, dans le sens contraire, le niveau du Bahr s'abaisserait : de tels faits ont-ils été constatés? Je ne le crois pas. Je ne parle pas du voyage que M. Rolland ferait exécuter à ces poissons, à ces coquillages, à ces crabes pour descendre — souvent contre un fort courant ascendant, s'il y a écoulement de l'eau du Bahr — jusqu'à une profondeur très grande correspondant à la base du tube du forage. Du reste, paraît-il, c'est M. Jus qui nous le dit, le crabe était inconnu des indigènes, dans la région des puits qui en ont fourni!

Cela étant, je cherche l'origine de ces animaux dans des lacs, des étangs, des rivières dont le fond ou les bords possèdent des fissures, des fentes, qui se sont dégagées après un certain temps, et les petits animaux, qui sont venus ou se trouvaient au bord

de ces gouffres, ont été happés et entraînés par la violence d'un courant d'autant plus intense qu'il part d'un point très élevé. Existe-t-il dans l'Atlas, sur son versant méridional, de tels lacs, de tels étangs, de tels cours d'eau à alimentation ou à régime constants? Je ne le crois pas non plus, d'autant que si on jette les yeux sur la nomenclature des coquilles et des mollusques rejetés par les puits artésiens (1), on en trouve un très grand nombre (dont les noms sont en italique) qui étaient inconnus des paléontologistes, auxquels la faune fluviale ou lacustre de l'Atlas doit pourtant être familière. Il y a donc à penser qu'ils sont fournis par les hautes montagnes du sud, par le massif central de l'Ahaggar, dont le sommet s'élève à plus de 2 500 *m* dans les régions des neiges d'hiver, et peut-être encore au delà, par ces immenses régions inexplorées, où l'on découvrira, sans doute, bien autre chose que l'origine des eaux sahariennes.

Il ne faut pas croire que cette recherche d'origine n'offre qu'un intérêt purement scientifique; il en présente un bien puissant relativement à la question qui nous occupe; car si les eaux artésiennes viennent du sud, un champ des plus vastes nous est ouvert pour aller rechercher, même à de grandes profondeurs, ce salutaire et précieux liquide.

Mais, en attendant, et en présence des grands projets qui se préparent, je m'associe aux craintes, exprimées par MM. Rolland et Jus, sur les dangers qu'il pourrait y avoir de compromettre les résultats acquis par d'autres travaux qui pourraient soutirer tout ou partie de l'eau de telle ou telle oasis, ou gaspiller, par des forages trop nombreux, la nappe qui donne la vie au pays, ou encore, comme le disait, en 1892, le docteur Weisgerber, au retour de son intéressante exploration du Sahara, contaminer la contrée par des puits mal situés, lesquels, n'ayant pas l'écoulement de leur eau, se transforment en *bahour*, semant autour d'eux la fièvre et la mort. Et je ne puis mieux faire, en termi-

(1) POISSONS. — Cyprinodon calaritanus, Hemichromis Saharica, *Hemichromis Rollandi*, Chromis Zillei, Chromis Desfontainei.

CRUSTACÉS. — Telphusa fluviatilis.

MOLLUSQUES. — Melanopsis maroccana, Amnicola pycnocheilia, *Amnicola Jusi*, *Amn. Miloni*, *Amn. saharica*, *Amn. Cossoni*, Melania tuberculata, *Paludestrina Jusi*, Palud. arenaria, Palud. Peraudieri, *Palud. subacerosa*, Hydrobia Brondeli.

FOSSILES. — Cardium edule, Planorbis corneus, empreinte d'Helix.

COQUILLES SUBFOSSILES DE L'OUED RIR'. — Melanopsis maroccana, Melania tuberculata, Cardium saharicum.

COQUILLES TERRESTRES. — Helix uthicensis, H. pyramidata, H. sitifiensis, H. specialis, *H. Tritonidis Jus*, H. microomphalus, H. kobensis, Leucochroca candidissima, Bulinus decollatus, *Bulinus Jusi*.

nant, que de répéter ici le vœu formulé comme suit par M. Ro land, en 1887 et au Congrès de 1889 :

« Le mieux et le plus simple, pour sauvegarder les intérê existants, tout en laissant à l'industrie privée tout son essor, serait-il pas d'instituer une sorte de syndicat des propriétai de l'Oued Rir', dans lequel on ferait entrer les principaux che des oasis indigènes, les délégués des Sociétés françaises de co nisation et quelques personnalités compétentes, sans parler représentants naturels de l'Administration? Cette Commission surveillance serait chargée d'examiner, chaque année, le p gramme des sondages projetés, dont les emplacements devraie être approuvés par elle. »

Ce vœu a été entendu, et l'Administration a, je crois, déj chargé le service des Ponts et Chaussées d'étudier la question.

Cette réglementation nous rassurera pour la conservation des travaux déjà exécutés; elle nous engagera à étendre nos explorations et nos recherches dans les nouvelles contrées, dans lesquelles la découverte de l'eau aidera puissamment, avec le Transsaharien, à ouvrir, à travers l'Afrique, cette voie peut-être plus nécessaire, pour les intérêts directs de la France et de nos riches colonies, que les grandes voies maritimes de Suez et même de Panama.

L'EFFICACITÉ DU TIROIR ALLEN

PAR

C. R. HENDERSON

COMPTE RENDU

PAR

M. A. MALLET

Notre Collègue, M. G. R. Henderson, de Roanoke, Va., États-nis, a adressé à la Société une intéressante étude sur l'efficacité u tiroir Allen, et M. le Président a bien voulu nous charger l'en faire un compte rendu.

Le tiroir que les Américains appellent tiroir Allen est généra-ement connu en Europe sous le nom de tiroir Trick ou tiroir à anal. Nous ignorons à quelle époque Allen l'a produit aux tats-Unis (1), mais, d'après des renseignements qui nous ont été fournis par la fabrique de machines d'Esslingen (Würtemberg) dont Trick était un des Ingénieurs, la première application du tiroir à canal aurait été faite par cette fabrique (alors Émile Kessler) aux locomotives Engerth, construites par elle en 1854 pour le chemin de fer du Midi de France, locomotives dont une figurait à l'Exposition Universelle de 1855, à Paris.

On sait que le tiroir Allen ou Trick, comme on voudra l'ap-eler et que nous désignerons tout simplement sous le nom de iroir à canal, est un tiroir à coquille présentant un canal inté-ieur qui fait communiquer ensemble deux lumières percées dans s bandes de frottement transversales. L'objet de cette addition

(1) Il semblerait toutefois que l'emploi de ce tiroir sur les locomotives ne remonte pas s loin aux États-Unis, car l'ouvrage de Clark et Colburn, *Recent Practice in the Loco-tive Engines*, paru en 1862 et qui mentionne les perfectionnements apportés aux omotives en Amérique, ne fait, dans la partie qui concerne la distribution de la vapeur, une allusion au tiroir à canal.

est d'accroître la section de passage que démasque le tiroir. on se reporte à la figure 2, planche 186, on voit qu'au moment le tiroir ouvre le passage à la vapeur, celle-ci peut affluer à la f par le bord de la bande extérieure et par le canal qui débouc de l'autre côté du tiroir et dans lequel la vapeur s'introduit contre-bas de la table. Comme nous le verrons plus loin, la section de passage se trouve ainsi à peu près doublée.

Le tiroir à canal est très employé en Amérique et dans presque toutes les contrées de l'Europe, sauf en Angleterre et en France où, toutefois, on le rencontre sur un certain nombre de locomotives du P.-L.-M. A côté de ses avantages reconnus, on objecte à son usage son plus grand poids et certaines difficultés de fabrication et d'emploi.

Il ne semble pas qu'on ait cherché jusqu'ici à se rendre un compte exact de l'effet utile réel de cet appareil; ceux qui s'en servent et ceux qui le repoussent paraissent le faire plutôt de sentiment ou de tradition que par une conviction basée sur des faits.

A la cinquième réunion des fonctionnaires techniques des administrations des chemins de fer allemands (*Organ*, 1871, page 115), ont été présentées les conclusions suivantes :

« Le tiroir à canal a donné de bons résultats sur un grand nombre de locomotives à voyageurs et à marchandises sous le rapport de la durée et de l'efficacité, surtout lorsqu'on fait usage de détentes prolongées. Mais quant à l'importance de l'avantage réalisé par son emploi comparativement avec le tiroir ordinaire, on ne possède aucun document circonstancié qui permette de s'en rendre compte et il est à désirer que cette question soit tranchée au moyen d'expériences précises effectuées à l'indicateur. »

Ce sont précisément des expériences de ce genre qui ont été effectuées récemment par M. Henderson et qui font l'objet de la note dont nous nous occupons.

Notre Collègue a effectué ses expériences au laboratoire de l'Université de Purdue à Lafayette (Indiana) où se trouve, comme on sait, une installation très complète pour l'essai de locomotives (1). La locomotive est solidement assujettie avec ses roues

(1) Nous avons décrit cette installation dans la chronique d'octobre 1892, page [illegible], et nous profitons de l'occasion pour rappeler que notre éminent Collègue, M. de Borodine, a été probablement le premier à recommander la création de laboratoires pour les essais de locomotives. Nous avons signalé cette initiative dans nos chroniques d'octobre [illegible] et janvier 1882.

1° 329 sondages, représentant ensemble une profondeur de 26 252 *m* ;

2° 443 recherches d'eaux potables ou études de fondations, représentant une profondeur totale de 7 862 *m*.

Donc, en tout, 772 sondages formant une longueur totale de 34 114 *m*.

On a obtenu 320 nappes jaillissantes et 452 autres nappes ascendantes.

Les nappes jaillissantes débitent ensemble 340 620 *l* par minute. Dans ce chiffre l'Oued Rir' possède à elle seule 229 forages artésiens donnant 312 457 *l* par minute, ce qui fait 450 000 000 *l* employés à l'irrigation par 24 heures et 164 250 000 m^3 par an, pour lesquels on a dépensé, en totalité, 844 000 *f*. Si on fait le calcul, on voit que si on faisait payer seulement 0,005 *f* le mètre cube par an, la dépense entière serait amortie en moins d'une année.

Le prix des forages varie naturellement beaucoup suivant les circonstances, suivant la profondeur, les natures de couches traversées, les nombres et dimensions des tubages, etc.. etc. M. Jus nous donne comme suit la moyenne du prix du mètre de forage tubé, suivant les régions :

Région	de l'Oued Rir'	53 *f*
—	du Hodna	49
—	des Chotts ou Lacs Salés	59
—	du Sahara.	35
—	du Tell ou littoral	101

Les puits sont exécutés pour le compte des oasis ou des particuliers, après délibération des djemaà (conseil des notables du village), et approbation du commandement militaire et du gouvernement général.

Le commandement militaire prête ses appareils, facilite les transports et la main-d'œuvre. Le gouvernement général alloue des subventions pour le remplacement du matériel et pour les travaux d'utilité publique.

Le remboursement intégral de chaque puits s'opère après la vente de la récolte des dates, au moyen de cotisations personnelles fixées par les djemaà et versées à la caisse du receveur des contributions diverses. Ces cotisations sont établies d'après le prix du puits, proportionnellement au partage de son débit en nouba (part d'eau).

positions du piston. On a ainsi obtenu pour chacun des cinq crans de distribution une courbe fermée en forme d'ellipse très allongée. Ces crans correspondaient à des admissions en centièmes de la course du piston de 91 — 76 — 59 — 40 et 28.

Ces courbes ont permis de tracer les ouvertures de lumière pendant la course du piston, représentées, pour les cinq crans, dans la figure 4. La partie non hachurée correspond aux ouvertures données par le tiroir ordinaire et la partie hachurée représente l'ouverture supplémentaire donnée par le canal. La hauteur totale correspond à l'ouverture totale. On voit que, pour les longues admissions, l'emploi du tiroir à canal n'augmente guère que la rapidité de l'ouverture, mais, dès que la longueur de l'admission se rapproche de la moitié de la course du piston et descend au-dessous, l'importance de l'accroissement de l'ouverture augmente de plus en plus. On peut l'estimer au double pour les faibles admissions.

On a ensuite procédé aux expériences proprement dites, dans lesquelles on a relevé sur les cylindres des diagrammes d'indicateur avec les deux systèmes de tiroirs successivement et dans les mêmes conditions de marche, les éléments variables étant les vitesses et les admissions ; ces dernières étaient celles que nous avons indiquées et les vitesses variaient par 16 *km* entre les extrêmes, de 16 et 96 *km* à l'heure.

M. Henderson reproduit dans son mémoire les nombreux diagrammes obtenus. Nous nous contenterons de donner quelques-uns de ces diagrammes comme spécimens (*fig. 5*) et nous avons dressé le tableau ci-après donnant le résumé des résultats obtenus dans ce qu'ils ont de plus intéressant, c'est-à-dire la pression moyenne effective obtenue dans chaque cas avec chacun des tiroirs et l'avantage constaté en faveur de l'un ou de l'autre. Nous ferons observer que, pour que les résultats fussent comparables, comme on ne pouvait pas toujours obtenir rigoureusement la même pression dans la boite à tiroir, les pressions moyennes effectives ont toutes été ramenées par correction à celles qui correspondent à une pression de 7 *kg* dans la boite à tireur.

L'examen de ces tableaux indique, malgré quelques anomalies dont il ne faut pas s'étonner en présence de la délicatesse des opérations du relevé des diagrammes et des erreurs possibles dans les expériences de ce genre, un fait positif, l'augmentation très nette, par l'emploi du tiroir à canal, de la pression moyenne effective sur les pistons dans le cas des admissions moyennes et faibles, augmentation qui est, en moyenne, de 20 0/0 et atteint

EN KILOMÈTRES à l'heure	ADMISSION : 0,91				ADMISSION : 0,76				ADMISSION : 0,59				ADMISSION : 0,40				ADMISSION : 0,28			
	p	p'	a	a'	p	p'	a	a'	p	p'	a	a'	p	p'	a	a'	p	p'	a	a'
16	6,47	5,33	17	—	5,76	6,25	—	8	—	—	—	—	3,19	3,82	—	19	2,60	3,16	—	22
32	5,78	5,02	15	—	5,15	4,08	26	—	4,65	4,80	—	3	2,84	3,35	—	17	2,22	2,66	—	20
48	3,98	3,76	6	—	—	—	—	—	3,45	3,94	—	14	2,33	3,05	—	31	1,62	2,11	—	30
64	—	—	—	—	3,22	2,69	19	—	2,85	3,40	—	19	2,08	3,00	—	45	1,19	1,82	—	52
80	—	—	—	—	—	—	—	—	2,06	2,35	—	14	1,74	2,01	—	15	1,17	1,43	—	22
96	—	—	—	—	—	—	—	—	1,82	2,20	—	21	1,31	1,56	—	20	0,88	1,37	—	56

p. Pression moyenne effective sur le piston en kilogrammes par centimètre carré, avec le tiroir ordinaire.

p'. — — — avec le tiroir à canal.

a. Augmentation 0/0 en faveur du tiroir ordinaire.

a'. — — tiroir à canal.

N. B. — *p* et *p'* sont rapportés à une pression de 7 *kg* par centimètre carré dans la boîte à tiroir.

quelquefois 50. Il en résulte que l'emploi du tiroir à canal permet d'augmenter de 20 0/0 au moins le travail de la vapeur sur pistons par rapport au tiroir ordinaire, aux faibles admissions qui correspondent généralement aux grandes vitesses. Il ne faut pas en conclure, fait observer avec raison M. Henderson, que ce tiroir donne une économie correspondante de vapeur, puisque cet arrangement a pour but d'admettre une plus grande quantité de vapeur dans le cylindre ; mais il est probable, cependant, que son emploi doit entraîner une certaine réduction dans la dépense relative, parce que la vapeur opère dans de meilleures conditions.

Nous sommes d'avis que le travail de M. Henderson présente un grand intérêt, et qu'on doit savoir gré à cet Ingénieur d'avoir mis en lumière, par des expériences directes, les avantages d'un appareil qui n'est pas encore assez employé, bien qu'il soit entré dans la pratique depuis quarante ans déjà, et dont l'extrême simplicité est le principal mérite. On ne peut guère lui reprocher qu'un léger excès de poids par rapport au tiroir ordinaire, mais cet excès, d'après M. Henderson, ne dépasse pas 40 à 50 0/0. On ne pourrait obtenir un résultat équivalent qu'avec des dispositions beaucoup plus compliquées, plaques percées, etc. (1), donnant des frottements additionnels, ou chances de fuite, ou l'augmentation de la largeur des lumières ou de la course du tiroir, etc., d'où des inconvénients assez sérieux en pratique. Le tiroir à canal présente, de plus, l'avantage de pouvoir s'adapter avec une très grande facilité sur les machines existantes, ce qui n'est pas son moindre mérite.

(1) Les locomotives Engerth, construites, en 1852, à Seraing et Esslingen, pour le chemin de fer du Soemmering (voir le *Portefeuille de John Cockerill*, vol. 1), étaient munies de tiroirs ayant des lumières se mettant en rapport avec des orifices pratiqués dans une plaque fixe superposée en tiroir, disposition réalisant une augmentation de passage pour la vapeur à l'admission et qui paraît due à Hanrez, chef de l'atelier du chemin de fer de l'État à Braine-le-Comte ; il nous paraît très probable que c'est cette disposition qui aura donné à Trick, Ingénieur du second des établissements mentionnés ci-dessus, l'idée de son tiroir à canal remplissant le même objet que la disposition belge, sans avoir d'autre surface de contact que le tiroir ordinaire.

de ces gouffres, ont été happés et entraînés par la violence d'un courant d'autant plus intense qu'il part d'un point très élevé. Existe-t-il dans l'Atlas, sur son versant méridional, de tels lacs, de tels étangs, de tels cours d'eau à alimentation ou à régime constants? Je ne le crois pas non plus, d'autant que si on jette les yeux sur la nomenclature des coquilles et des mollusques rejetés par les puits artésiens (1), on en trouve un très grand nombre (dont les noms sont en italique) qui étaient inconnus des paléontologistes, auxquels la faune fluviale ou lacustre de l'Atlas doit pourtant être familière. Il y a donc à penser qu'ils sont fournis par les hautes montagnes du sud, par le massif central de l'Ahaggar, dont le sommet s'élève à plus de 2 500 *m* dans les régions des neiges d'hiver, et peut-être encore au delà, par ces immenses régions inexplorées, où l'on découvrira, sans doute, bien autre chose que l'origine des eaux sahariennes.

Il ne faut pas croire que cette recherche d'origine n'offre qu'un intérêt purement scientifique; il en présente un bien puissant relativement à la question qui nous occupe; car si les eaux artésiennes viennent du sud, un champ des plus vastes nous est ouvert pour aller rechercher, même à de grandes profondeurs, ce salutaire et précieux liquide.

Mais, en attendant, et en présence des grands projets qui se préparent, je m'associe aux craintes, exprimées par MM. Rolland et Jus, sur les dangers qu'il pourrait y avoir de compromettre les résultats acquis par d'autres travaux qui pourraient soutirer tout ou partie de l'eau de telle ou telle oasis, ou gaspiller, par des forages trop nombreux, la nappe qui donne la vie au pays, ou encore, comme le disait, en 1892, le docteur Weisgerber, au retour de son intéressante exploration du Sahara, contaminer la contrée par des puits mal situés, lesquels, n'ayant pas l'écoulement de leur eau, se transforment en *bahour*, semant autour d'eux la fièvre et la mort. Et je ne puis mieux faire, en termi-

(1) POISSONS. — Cyprinodon calaritanus, Hemichromis Saharica, *Hemichromis Rollandi*, Chromis Zillei, Chromis Desfontainei.

CRUSTACÉS. — Telphusa fluviatilis.

MOLLUSQUES. — Melanopsis maroccana, Amnicola pycnocheilia, *Amnicola Jusi*, *Amn. Miloni*, *Amn. saharica*, *Amn. Cossoni*, Melania tuberculata, *Paludestrina Jusi*, Palud. arenaria, Palud. Peraudieri, *Palud. subacerosa*, Hydrobia Brondeli.

FOSSILES. — Cardium edule, Planorbis corneus, empreinte d'Helix.

COQUILLES SUBFOSSILES DE L'OUED RIR'. — Melanopsis maroccana, Melania tuberculata, Cardium saharicum.

COQUILLES TERRESTRES. — Helix uthicensis, H. pyramidata, H. sitifiensis, H. specialis, *H. Tritonidis Jus*, H. micromphalue, H. kolcensis, Lencochroca candidissima, Bulinus decollatus, *Bulinus Jusi*.

1 *m* auquel une plaque tournante reliant la voie dont nous venons d
parler à une voie perpendiculaire permet d'aller se charger au tas c
charbon placé derrière le bâtiment.

Les chaudières Sulzer sont du type dit Lancashire; l'enveloppe
environ 2 *m* de diamètre sur 7,50 *m* de longueur. Il y a, pour chacu
deux foyers intérieurs ondulés sur 3 *m* à peu près de longueur et lis
dans le reste. Leur diamètre est de 0,80 *m*. Ces foyers sont formés
deux parties réunies par des brides extérieures assemblées par riv
La partie lisse contient 6 gros tubes placés suivant le diamètre et
croisés. La flamme circule à l'extérieur des chaudières en sortant des
carneaux intérieurs. Le timbre est de 8 *atm*, mais la pression de marche
ne dépassait pas 5 pendant l'Exposition. Les portes des foyers sont
munies d'une disposition par laquelle la porte, en s'ouvrant, pousse un
levier qui, au moyen de chaines passant sur des poulies, ferme le registre
et suspend plus ou moins le tirage.

Sur la façade se trouve un appareil Arndt qui, comme on sait, est
une balance dont l'aiguille donne des indications relatives à la proportion d'acide carbonique contenue dans les gaz de la combustion. Cet
appareil porte comme inscription « Économètre Arndt, Jos. Wilckes,
à la Chaux-de-Fonds. » La surface de chauffe de chacune de ces chaudières est de 79 m^2.

Chaque chaudière porte sur la façade deux tubes de niveau d'eau
avec enveloppe en verre à treillis métallique noyé, pour éviter les conséquences d'une rupture du tube de verre intérieur. Ce système est très
employé en Suisse, et se rencontre sur la plupart des chaudières de
l'Exposition.

A côté des chaudières Sulzer se trouve, exposé par le même constructeur, un foyer de 0,80 *m* de diamètre et 3 *m* de longueur à surface lisse
en deux parties réunies par des brides extérieures assemblées à rivets,
lequel a été complètement aplati sur toute sa largeur, y compris les
brides de jonction par suite de manque d'eau. On ne peut y constater
ni déchirure ni altération quelconque du métal, c'est une preuve manifeste de la bonne qualité de celui-ci.

La chaudière de la maison Escher Wyss a les mêmes dispositions
que les précédentes, avec quelques variantes sans grande importance
dans les détails, ce qui nous dispense d'en dire davantage sur les chaudières en fonctionnement. Nous ne saurions négliger toutefois d'exprimer quelques regrets au sujet de la façon excessive dont fumait
cheminée de ces chaudières. Il en sortait une fumée noire et épais
qui devait indiquer l'emplacement de l'Exposition de plusieurs kilomètres de distance. Cette absence totale de fumivorité est elle traditionnelle dans les Expositions? On pourrait le croire en se reportant
souvenir des cheminées du Champ-de-Mars en 1889. Peut-être était
destinée à mieux faire apprécier aux habitants de Genève les avant
des moteurs hydrauliques et électriques dont ils se servent à peu
exclusivement.

En dehors des chaudières fonctionnantes, nous ne voyons guère
gnaler qu'un générateur exposé dans le hall des machines
Société par actions des ateliers de chaudronnerie de Richte

(Zürich). C'est une chaudière de Cornouailles, contenant un foyer cylindrique intérieur avec bouilleurs croisés, analogue aux générateurs précédemment décrits, sauf ce qui concerne le nombre des foyers. Le timbre est de 8 *atm*, l'épaisseur des tôles de l'enveloppe atteint 16 *mm*; l'exécution de cette pièce est remarquable. Les mêmes constructeurs exposent une petite chaudière verticale à foyer intérieur et un réchauffeur tubulaire pour eau d'alimentation.

A cette section se rattacherait, à la rigueur, un appareil assez singulier. C'est une chaudière à vapeur électrique, exposée par Grimm et Cie, de Zürich, et placée dans un petit hangar à côté du bâtiment de l'alimentation. Cette chaudière est formée d'un corps cylindrique horizontal contenant un certain nombre de tubes allant d'une extrémité à l'autre; ces tubes contiennent des spirales métalliques parcourues par le courant électrique. La résistance détermine un développement de chaleur qui passe dans l'eau de la chaudière et produit de la vapeur employée à chauffer divers appareils de confiserie. Le manomètre marquait en marche 3 *atm* environ, avec 250 ampères et 100 volts. On peut se demander si, même avec l'électricité produite par des forces naturelles, ce mode de transformation du travail en chaleur serait avantageux. Quoi qu'il en soit, il nous a paru intéressant de signaler cet appareil nouveau et original.

MACHINES À VAPEUR

Les machines à vapeur sont beaucoup plus largement représentées que les chaudières. Nous croyons que, pour les passer en revue, le mieux est d'examiner successivement l'exposition de chaque constructeur; c'est ce que nous allons faire.

Société Escher Wyss et Cie. — L'Exposition de la maison Escher Wyss et Cie, de Zürich, est une des plus importantes, non seulement pour les appareils qui nous occupent, mais aussi pour toutes les branches de la construction mécanique. Cette maison, fondée en 1809, par Jean-Gaspard Escher, et dont la raison sociale n'a varié depuis cette époque que par sa transformation en Société anonyme en 1889, s'est transportée en 1891 dans un nouvel emplacement d'une étendue de près de 150 000 m^2. Les nouveaux ateliers ont leur force motrice produite par 83 moteurs électriques représentant 800 à 900 *ch*, alimentés par le courant venant d'une chute de la Reuss, à Zufikon-Bremgarten, à 20 *km* de la fabrique. Celle-ci, avec la succursale de Ravensburg, dans le Würtemberg, occupe plus de 1 500 ouvriers.

La maison Escher Wyss expose trois machines à vapeur dont deux horizontales, en fonctionnement, et une troisième verticale, non en marche. La première machine est un appareil à triple expansion développant 600 *ch* à la vitesse de 80 tours par minute.

L'arbre qui porte au milieu une poulie-volant de 5,50 *m* de diamètre avec 15 gorges pour cordes de transmission, se termine par deux manivelles calées à 90° l'une de l'autre. A droite, en regardant l'arbre, se trouvent le petit cylindre et le cylindre intermédiaire placé derrière dans le même axe, et à gauche est le cylindre à basse pression. Ces cylindres se rattachent respectivement à des bâtis à baïonnette qui por-

des glissières cylindriques, et se terminent par des p... du cyli...
tical. C'est la manivelle de gauche, c'est-à-dire celle ...
sse pression, qui précède dans la marche.
La distribution se fait à tous les cylindres par des obturateurs Corl...
vec commande du système Frikart. Au petit cylindre les obturate...
l'admission sont actionnés par des déclics contrôlés par un régulateur ... à
genre Porter et disposés de telle sorte que l'admission varie de 0 à
90 0/0 de la course du piston. Pour l'échappement du premier cylindre
et pour l'admission et l'échappement des deux autres, les organes Corliss
sont commandés d'une manière fixe par des bielles rattachées aux ex-
trémités des pattes du croisillon, dont une autre patte est actionnée par
la bielle d'un excentrique calé sur l'arbre du volant.

Les distributeurs de cette machine possèdent quelques particularités que nous devons signaler : ainsi, ils ne pénètrent pas dans le cylindre, ce qui supprime des chances d'avaries en cas de rupture d'une des pièces de la commande, et, néanmoins, les espaces nuisibles ne dépassent pas 2 à 3 0/0 du volume du cylindre. Les axes de ces obturateurs sortent sans traverser des presse-étoupes; ils portent sur une embase rodée formant joint métallique, de sorte qu'on ne peut empêcher le bon fonctionnement par un serrage exagéré des presse-étoupes. Ces pièces peuvent rester parfaitement étanches pendant plus de dix ans, et ont des ouvertures de lumières rapides et larges qui permettent une vitesse d... fonctionnement considérable. Avec une course de 1,05 m, la machi... que nous décrivons a, à 80 tours, une vitesse de piston de 2,80 m ... seconde.

Tous les détails de cette machine sont extrêmement soignés, le g... sage notamment; celui des boutons de manivelles s'effectue pa... tubes tournants, et celui des cylindres par des graisseurs Moll... les cylindres sont recouverts d'enveloppes en tôles russes. L'a... marche, à l'Exposition, à échappement libre; il n'y a pas de con... installé. Cet organe serait placé en dessous et sa pompe à a... mandée par une bielle articulée sur l'extrémité du bouton de... velle actionnée par le cylindre à haute pression. Ces machi... tionnent avec de la vapeur à 8 ou 10 kg de pression.

Le second moteur est une machine tandem à vitesse plus c... que la première. Elle fonctionne, en effet, à 135 tours par ... qui, pour la course réduite de 0,80 m, donne encore un... piston 3,60 m par seconde.

Cette machine commande directement un alternateur ... tème Thury, dont la partie mobile est calée à l'extrémi... cet arbre est coudé à son milieu et repose, de chaque ... paliers d'un bâti à fourche qui porte une glissière cyl... son axe longitudinal pour le guidage de la tête du p... cylindres sont dans le même axe, le petit du côté de l'a... bution se fait pour chacun par quatre obturateurs Cor... teurs d'admission et d'échappement du grand cylindre ... pement du petit sont actionnés par des bielles relié... des pattes de deux croisillons, un pour chaque cy... croisillons sont accouplés par une bielle, et le croi...

ımmandé par la barre d'un excentrique calé sur l'arbre du volant. ɜs distributeurs d'admission du petit cylindre sont commandés de ême par un croisillon spécial, porté sur le même axe que le croisillon ıi actionne les distributeurs d'échappement du petit cylindre, et il t commandé par la barre d'un excentrique, fou sur l'arbre du volant solidaire d'un régulateur placé dans ce volant même. L'admission t donc réglée automatiquement au petit cylindre, l'échappement de cylindre et l'admission et l'échappement de l'autre étant fixes. Cette achine fonctionne à échappement libre et il ne paraît pas avoir été évu d'installation de condensation solidaire de la machine.

A 10 *kg* de pression, ce moteur développe, au régime indiqué plus haut. ı travail de 285 *ch*. Ce système occupe peu de place et convient pour cas où l'on ne dispose pas d'emplacement suffisamment large pour acer les cylindres l'un à côté de l'autre et encore pour celui où l'on veut réserver la possibilité de jumeler le moteur par la suite. Cette ma- ıine est, comme la précédente, pourvue d'appareils de graissage très mplets pour les cylindres, les paliers et les organes mobiles.

La troisième machine, qui n'est pas en mouvement, est un moteur triple expansion pour bateau à hélice, devant développer 250 *ch* in- ɿués à 250 tours par minute et 10 *kg* de pression initiale. C'est une ıchine type pilon à trois cylindres, celui à haute pression au milieu ec les autres accolés. Le massif des cylindres est supporté par 8 colon- ttes en acier reposant sur la plaque de fondation et entretoisées par s traverses horizontales et des croix de Saint-André. Les glissières nples sont en acier coulé et fixées aux colonnettes.

Les tiroirs, cylindrique pour le petit cylindre et plans pour les deux tres, sont placés en abord; ils sont commandés, les deux derniers, r une distribution radiale avec changement de marche à vis et vo- ıt, et le tiroir à haute pression par un balancier dont le milieu tionne la tige de ce tiroir, tandis que les deux extrémités s'articulent spectivement aux tiges des deux autres tiroirs. La vapeur passe direc- ment du tiroir du petit cylindre à celui du cylindre intermédiaire et ısse de celui-ci à la boîte à tiroir du cylindre à basse pression par un os tuyau en cuivre rouge placé à l'extérieur. L'arbre à trois coudes unis de contrepoids, se termine d'un côté par un plateau de jonction , de l'autre, par une vis sans fin engrenant avec un pignon denté dont ıxe commande les pompes alimentaire et de cale. Il n'y a ni pompe air ni condenseur, nous supposons que ce dernier est indépendant. y a un graissage central pour les pièces du mécanisme. Cette machine t très légère et élégante d'aspect et d'une construction extrêmement ignée. Elle occupe très peu de place, 2 *m* de longueur, 0,90 *m* de lar- ur et 2,50 *m* de hauteur.

En dehors de ces machines à vapeur, les ateliers Escher Wyss expo- ıt une quantité d'autres appareils, tels que : grande machine à papier fonctionnement, turbines diverses, notamment les grandes turbines ı Établissements municipaux de Genève, des compresseurs, machines ɿorifiques, moteurs à gaz, etc., qui se trouvent, soit dans le hall machines, soit dans d'autres emplacements. Nous nous bornerons à eler l'attention sur les modèles, photographies et dessins de bateaux

à vapeur dont ces ateliers ont déjà construit plus de 500, notamment ceux du *Stadt Luzern* du lac des Quatre-Cantons, un des plus grands bateaux qui existent en Suisse, et le modèle du yacht *La Dranse*, appartenant à M. Engel et attaché au port d'Évian.

Maison Sulzer frères. — La maison Sulzer frères, de Winterthur, qui ne le cède pas comme importance à la précédente, a aussi une exposition très intéressante. Elle expose quatre machines à vapeur dont deux en mouvement. Nous commencerons par celles-ci.

La première est une machine horizontale à triple expansion développant 500 *ch* à 75 tours et 11 *kg* de pression à la chaudière. La disposition générale est la même que celle de la machine Escher Wyss, mais le grand cylindre est à droite en regardant l'arbre et les deux autres à gauche; c'est la manivelle du grand cylindre qui précède dans la marche.

La distribution se fait, pour tous les cylindres, par des soupapes équilibrées, au nombre de quatre par cylindre, celles d'admission en dessus et celles d'échappement en dessous, mais, pour l'admission seule au petit cylindre, ces soupapes sont actionnées par le mécanisme à déclic bien connu de Sulzer, contrôlé par un régulateur Porter, avec frein à huile, tandis que les soupapes d'échappement de ce cylindre et celles d'admission et d'échappement du cylindre intermédiaire et du cylindre à basse pression sont commandées par des cames portées par un arbre longitudinal parallèle à l'axe des cylindres et relié à l'arbre du volant par des roues d'angle. Le volant, de 5 *m* de diamètre, calé sur le milieu de l'arbre, porte douze gorges pour cordes sans fin. Ce volant est muni d'un appareil de mise en train composé de deux cylindres à vapeur inclinés l'un vers l'autre et agissant sur la manivelle d'une vis sans fin commandant un train d'engrenages dont le dernier peut être mis en contact, par la manœuvre d'un levier, avec une denture intérieure de la couronne du volant. Les arbres de distribution portent à leur extrémité une petite manivelle actionnant une pompe à huile pour le graissage des cylindres.

MM. Sulzer frères construisent beaucoup de machines de ce type pour grandes forces. Ils exposent les photographies des appareils suivants : machines de 1 600 *ch* pour la filature de Jaroslaff, de 2 500 *ch* pour celle de Léopold Kœnig à Saint-Pétersbourg, de 1 800 *ch* pour celle de Saon Mogoff, à Moscou, de 1 400 *ch* pour les moulins à vapeur Louise, à Budapest, trois machines de 700 *ch* pour la station centrale d'électricité de Cologne, machine de 1 900 *ch* pour la filature de Leipzig-Lindenau, de 1 600 *ch* pour la filature de Kaiserslautern, etc. La machine exposée est elle-même destinée à la Russie.

La seconde machine en mouvement est une jolie machine tandem verticale donnant 160 *ch* à 250 tours par minute.

Les cylindres sont superposés, le grand en dessus, les tiroirs sont cylindriques, placés en-dessus de l'arbre et l'ensemble est contenu dans une enveloppe cylindrique formée de tôles russes.

Le bâti est de forme tronconique et évidé. L'arbre portant le coude au milieu, a, à une de ses extrémités, un volant de 2 *m*, à six rainures; dans ce volant est un régulateur à ressort à boudin qui agit sur l'excen-

calage variable commandant le tiroir du cylindre à haute pres-
.rbre porte un second excentrique à calage fixe pour le tiroir du
ylindre. Cette dernière commande s'opère directement, tandis
ır l'autre cylindre, la tige de tiroir n'étant pas dans le même
e celle de l'excentrique qui se trouve dans le volant, il a fallu
à l'emploi d'un renvoi de mouvement du genre du *rocker* des
ives américaines.

machine est à condensation; le condenseur est placé derrière,
pompe à air inclinée près de l'horizontale et mue par une bielle
e sur le coude central de l'arbre. Un gros tuyau en cuivre rouge
ıu condenseur la vapeur sortant du grand cylindre.

ortées de l'arbre sont très longues.

aissage des cylindres s'opère par un graisseur Mollerupt. La
train se fait, en cas de besoin, par un levier avec cliquet qui
une denture à rochet portée par le volant. Cette machine
ın emplacement relativement très restreint, 3 *m* × 3 *m* de base,
m de hauteur.

ıachines non en mouvement sont deux moteurs à vapeur demi-
ıs condensation.

emière donne 40 *ch* à 120 tours.

ıaudière est cylindrique tubulaire à retour de flamme et foyer
.e, timbrée à 10 *atm*.

achine compound à deux cylindres est placée sur le générateur.
à fourche porte des glissières cylindriques pour le guidage des
pistons et deux paliers à serrage oblique. La distribution de la
se fait par des obturateurs cylindriques placés sous les cylindres
ant un mouvement circulaire alternatif de deux excentriques,
pour le grand cylindre, l'autre, pour le petit cylindre solidaire
gulateur placé dans le volant; ce régulateur est muni d'un res-
tagoniste à boudin et varie l'admission au premier cylindre.
vitesse de la machine. Il y a deux poulies volant de 1,40 *m*, une
.e extrémité de l'arbre; la pompe alimentaire est verticale, placée
rbre et mue par un excentrique; l'eau passe dans un réchauffeur
'une enveloppe concentrique au tuyau de refoulement et dans
passe la vapeur d'échappement allant à la cheminée.

soupapes de sûreté chargées par des ressorts sont disposées sur
ppe des cylindres, laquelle communique directement avec la
re. Celle-ci porte deux niveaux d'eau inclinés avec tubes à enve-
n verre avec armature du modèle dont nous avons déjà parlé.

ı près à la hauteur de l'axe de la chaudière se trouve, de chaque
ıe plate-forme en tôle striée avec mains-courantes et échelle
pour la surveillance et le graissage du mécanisme.

conde demi-fixe de 30 *ch* à 180 tours par minute, à une chaudière
re à flamme directe, avec enveloppe cylindrique sans renflement.
hine est sur la chaudière; il n'y a qu'un seul cylindre avec
fourche, glissière cylindrique ouverte sur le côté et deux paliers
ge oblique.

re avec coude central porte une poulie-volant de 1,20 *m* à chaque
té. Dans un des volants est placé un régulateur semblable à

celui de la machine précédente portant l'excentrique à calage v actionnant le tiroir en forme d'obturateur cylindrique à rotatior native. Il y a deux soupapes à ressort sur l'enveloppe du cylin disposition de la pompe alimentaire et du réchauffeur est la mê pour la machine demi-fixe du même constructeur.

A côté de ces machines, est exposé le grand cylindre brut d d'une machine horizontale à triple expansion de 1 000 *ch.* C'est loppe extérieure avec les pattes d'attache et les sièges des boîtes papes.

Cette pièce, d'une exécution irréprochable, pèse 11 000 *kg.* L mètre intérieur est d'environ 1,30 *m.* *(A suivre.)*

Coût de la traction électrique sur les tramways *et fin). — Relevés d'exploitation.* — Le rapport donne les relevé ploitation d'avril à décembre 1895. Ces relevés sont résumés dar tableaux.

Les tableaux I et III donnent l'énergie absorbée respectivem les lampes et par les moteurs, le rendement des batteries, la pui absorbée par voiture-kilomètre, etc.

Le tableau II donne la charge moyenne des machines. Le tabl contient les renseignements sur les différents postes de la dépens tive à la production de l'énergie électrique, le prix du kilowatt-

Enfin, le tableau V donne la consommation de combustible et utile obtenu en watts-heure par kilogramme de charbon.

Dans l'impossibilité de reproduire ces tableaux qui tiendraie place considérable, nous avons dû nous borner à en faire quelques donnant les chiffres les plus intéressants. Ces extraits sont c dans les tableaux A et B.

TABLEAU A

ANNÉE 1895 MOIS	KILOWATTS-HEURE PRODUITS par les machines	KILOWATTS-HEURE UTILISÉS	COMBUSTIBLE (allumages com TOTAL	PAR KIL produi
			kg	kg
Avril	381 179	291 061	559 812	1,4
Mai	372 780	290 888	539 352	1,4
Juin	415 643	332 545	552 058	1,3
Juillet	423 473	335 644	546 038	1,
Août	441 173	306 661	555 711	1,
Septembre . . .	511 539	415 430	670 280	1.
Octobre	604 341	487 472	783 587	1
Novembre. . . .	657 002	535 910	834 189	1
Décembre	695 263	586 211	906 901	1

TABLEAU B

ÉE 1895 mois	TRACTION DES TRAMWAYS Kilomètres-voitures automotrices + 1/3 kilomètre-voitures remorquées	Nombre moyen de kilowatts-heure par voiture-kilomètre	DÉPENSES PAR MOIS Totales	Par kilowatt-heure produit	fourni
			f	f	f
. . . . . .	482 004	472	39 907	0,105	0,134
. . . . . .	522 777	435	37 054	0,994	0,127
. . . . . .	607 667	460	42 495	0,102	0,127
t	639 357	451	34 762	0,082	0,104
. . . . . .	674 360	455	33 416	0,076	0,091
nbre. . . .	724 515	453	41 570	0,081	0,100
re.	754 248	459	44 492	0,074	0,091
nbre. . . .	777 480	464	46 849	0,071	0,088
ibre. . . .	805 810	477	51 680	0,074	0,088

an Vloten donne, à titre de comparaison, les résultats d'une ex-on d'importance moyenne (21 trains en service) faisant usage de ies sans condensation, ligne accidentée (Bruxelles). La consom- moyenne d'énergie a été de 837 watts-heure par train-kilomètre. watts-heure par tonne-kilomètre. La consommation de charbon omètre a été supérieure à 3 *kg*, le prix de revient moyen du ki- pendant une année d'exploitation a été de 0,087 *f* sans l'intérêt ortissement.

ésultats donnés plus haut sont très intéressants, et il est pro- que, dans l'avenir, le prix du kilowatt-heure pourra subir encore minution sensible et se rapprocher de 7 à 7 1/2 centimes; on es- river à ce résultat, lorsque les nouvelles unités de 1 000 à 1 200 *ch* nmant 5,75 de vapeur par cheval indiqué et par heure) contri- t, pour la plus grande part, à produire l'énergie électrique.

t à remarquer aussi que si l'énergie totale produite était utilisée n service de tramways et non pour un service mixte, le prix de subirait une nouvelle diminution du fait de la meilleure utili- du matériel. Le service d'éclairage ne durant que quelques heures ir, le matériel nécessaire pour assurer ce service ne fonctionne ent que pendant peu de temps, ce qui est une condition évidem- léfavorable à l'économie.

idérations générales sur la fourniture de l'énergie électrique par les s d'éclairage. — La première question qui se pose est de savoir si npagnies de tramways ont intérêt à emprunter l'énergie élec- aux stations d'éclairage.

s'agit d'une exploitation peu importante dont le service n'exige ielques centaines de chevaux-vapeur, la question mérite d'être iée sérieusement : mais, lorsque la puissance nécessaire pour la n est plus considérable, il n'est pas douteux que les Sociétés de

tramways ont avantage à produire elles-mêmes l'énergie électrique[1].

En tout état de cause, l'immixtion, même indirecte d'un tiers dans l'exploitation, diminue l'indépendance de l'exploitation, de plus, les accidents, les interruptions, le dérèglement des compteurs, peuvent être des causes continuelles de conflit entre les intéressés.

D'autre part, cependant, si la Société de tramways ne peut faire la totalité du capital nécessaire à l'installation de la traction électrique, la combinaison susdite lui permet de profiter des avantages de cette application tout en limitant la dépense de premier établissement de l'armement des lignes et du matériel roulant. Cette considération peut avoir quelquefois une aussi grande importance que la question du coût plus ou moins élevé de la traction.

Il est tout naturel que les entreprises d'éclairage cherchent à se créer un débouché nouveau pour utiliser leur matériel pendant les heures de jour; il en résulte d'abord pour elles une diminution du prix de revient du kilowatt, puis une source de bénéfices supplémentaires. Au point de vue des exploitations de tramways empruntant cette énergie, l'intérêt d'une telle combinaison n'est généralement pas très évident, surtout lorsque la consommation de force est considérable.

Les prix de vente qui sont faits à Aix-la-Chapelle et à Hambourg n'infirment pas ces conclusions.

Il est probable que, sauf dans certaines circonstances tout à fait spéciales, les Sociétés de tramways importantes se trouvant dans le cas d'exploiter de cette manière ont été amenées à cette combinaison, soit pour pouvoir obtenir les autorisations nécessaires, soit pour d'autres raisons étrangères à l'économie de l'exploitation.

Le problème de la fourniture de l'énergie électrique peut encore être envisagé sous un autre point de vue. En effet, dans un avenir qui semble peu éloigné, lorsque la traction électrique aura pris tout son développement dans les grandes villes, il est à prévoir que les stations de force des tramways constitueront des centres de production d'énergie au moins aussi importants que les usines centrales d'éclairage, et que même ces dernières pourront être considérées quelquefois comme des entreprises accessoires.

La question serait, dès lors, complètement retournée, et l'on pourrait se demander si les stations centrales pour traction ne pourraient pas fournir l'énergie électrique pour la lumière, abaisser par ce fait le prix de vente du kilowatt et réaliser des bénéfices. La chose n'est pas impossible, mais il est à remarquer qu'un service d'éclairage ne dure que quelques heures par jour, que la demande d'énergie est éminemment variable, non seulement d'une heure à l'autre d'une même soirée, mais encore d'une saison à l'autre de l'année; très considérable dans les mois d'hiver, elle tombe presque à rien en été. Or, comme les machines, batteries, etc., doivent être prévues pour assurer le service d'hiver, on peut en conclure que l'installation d'un tel matériel sera généralement

[1] Il peut arriver cependant que, dans certaines circonstances, les Compagnies d'éclairage soient à même de fournir le courant à prix très bas, par exemple, lorsqu'il est engendré par des chutes d'eau puissantes; ce cas est cependant assez rare en Europe.

coûteuse et que ce matériel sera mal utilisé. L'emploi des transformateurs tournants rend toutefois cet inconvénient moins grave.

Pendant l'hiver, le service des tramways est peu intense, au rebours du service d'éclairage; en été, c'est le contraire qui a lieu; il s'établira donc forcément un certain équilibre dans la consommation d'éclairage pendant les diverses saisons. Or, si les mêmes machines génératrices peuvent servir indifféremment à assurer les deux services par l'intermédiaire des transformateurs, la réserve pourra avoir une moindre importance; l'inconvénient du système est cependant la perte d'énergie inévitable résultant de cette transformation.

En résumé, il semble ressortir de ces considérations, que les entreprises d'éclairage ont un intérêt évident à fournir l'énergie nécessaire aux tramways; d'autre part, les avantages que les tramways peuvent retirer de cette combinaison semblent assez problématiques pour les installations importantes. Enfin, à moins de pouvoir compter sur un tarif élevé, la fourniture accessoire de l'énergie électrique pour l'éclairage ne paraît pas être un genre d'opération suffisamment profitable pour pouvoir être conseillée d'une façon générale aux entreprises de traction.

Au rapport de M. P. van Vloten est annexé un grand tableau tiré de l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 2 juillet 1896, lequel contient les données principales et les résultats obtenus pour vingt-quatre stations centrales d'électricité situées en Allemagne, Autriche, Suède, Danemark, etc. Parmi ces chiffres figurent : le nombre, système, surface de chauffe, etc. des chaudières, le nombre, système et puissance des machines à vapeur, le nombre, système et puissance des dynamos, le système des accumulateurs, la nature du combustible brûlé, le nombre moyen de watts produit par kilogramme de combustible, le prix de revient du kilowatt (charbon, huile, salaires, intérêts et amortissement).

Nous regrettons qu'il ne nous soit pas possible de reproduire ce tableau qui est des plus intéressants. Nous nous bornerons à citer quelques chiffres. Le nombre de watts produits par kilogramme de charbon a été au minimum de 179 à Königsberg, avec des machines à triple expansion alimentées par des chaudières multitubulaires brûlant du charbon anglais, le courant servant à l'éclairage et le prix de revient du kilowatt s'élevant à 0,48 *f* environ. Le chiffre maximum 642 est donné par la station de Hambourg, pour traction et éclairage avec machines à triple expansion alimentées par des chaudières de Cornouailles consommant du charbon et du coke; le prix de revient du kilowatt n'a été que de 0,068 *f*, mais non compris l'intérêt et l'amortissement. C'est le prix le plus bas constaté pour le kilowatt, après vient le chiffre de 0,084 *f*, amortissement compris, obtenu à la station pour éclairage d'Altona avec des machines à triple expansion et des chaudières formées de deux corps superposés, dont l'inférieur contient deux foyers intérieurs, et le supérieur les tubes à fumée. Le nombre de watts produit par kilogramme de combustible s'est élevé à 558 et à Hambourg à 642.

Tous les chiffres qui précèdent sont obtenus par des moteurs thermiques; il nous paraît intéressant d'en rapprocher le prix de 0,125 *f* le kilowatt-heure, que les tramways de Genève payent à la Ville pour la force motrice servant à la traction (cette force étant fournie par les usi-

nes hydrauliques municipales), prix que la Compagnie considère comme très modéré. Avec une dépense moyenne de 500 watts par voiture-kilomètre, le prix pour la force motrice proprement dite ressort au chiffre de 0,0625 *f* pour une dépense totale de traction de 0,16 à 0,17 *f* également par kilomètre-voiture, avec des voitures pesant de 5000 à 7000 *kg*. y compris les appareils de chauffage.

Murs de quais en béton armé. — Le *Centralblatt der Bauverwaltung* donne des détails intéressants sur un essai, fait il y a cinq ans, de construction d'un mur de quai en béton armé sur la Sprée, à Berlin. Voici comment ce mur a été établi.

On a d'abord battu une file de pieux en bois sur le bord de la rivière et sur ces pieux on a établi avec le fruit convenable des montants en fer profilé de 2,50 *m* environ de longueur (hauteur à donner au mur) et espacés entre eux de 1,50 *m*. Ces montants étaient retenus chacun par deux tirants en fer rond de 30 *mm* de diamètre, attachés l'un au pied du montant, l'autre aux deux tiers de sa longueur à partir du bas, tirants ancrés sur un massif en béton construit dans une rigole pratiquée dans le terre-plein du quai à 3 *m* environ en arrière du mur. Derrière les montants étaient placées, comme on aurait mis des planches, des plaques de béton armé du système Monier, de 1 *m* à 1,50 *m* de hauteur dans le sens vertical, et de 60 à 75 *mm* d'épaisseur. Ces plaques formaient le mur et retenaient les terres de remblai.

Le fer placé dans le sol est recouvert d'une couche de ciment et le fer placé à l'extérieur est gratté et peint.

Depuis cinq ans que ce mur a été construit à titre d'expérience, on a pu constater qu'il n'a subi aucune altération; on ne peut pas encore se prononcer sur sa durée, mais il est certain qu'elle sera très supérieure à celle d'un ouvrage en bois, alors que le prix ne s'élève qu'aux deux tiers.

Au lieu de faire reposer le mur sur une file de pieux battus dans le sol, on peut le monter sur une plate-forme en béton armé, du même système, assez large pour répartir la charge sur une grande surface, de manière à ne pas dépasser la pression élémentaire convenable pour le terrain. On peut de même remplacer le mur de béton qui sert à l'amarrage des tirants par des dispositions diverses comportant l'emploi de pièces métalliques figurés dans les dessins qui accompagnent l'article.

Chemin de fer de Costa-Rica. — Une Compagnie anglaise a établi, il y a cinq ou six ans, à Costa-Rica, un chemin de fer partant de Limon sur la côte de l'Atlantique à Alajuela, distance 188 *km*, avec un embranchement de 32 *km* allant d'un point intermédiaire à Guapiles.

Ce chemin de fer est à la voie de 1 067 *m* (3 1/2 pieds anglais); les inclinaisons varient de 15 à 40 0/00. Les plus fortes se présentent à la partie la plus élevée, c'est-à-dire vers l'extrémité du tracé. Le rayon des courbes varie de 90 à 150 *m*. Il y a 143 ponts d'une longueur totale de 3264 *m*, ce qui semble indiquer qu'il y a beaucoup de cours d'eau et que ceux-ci sont sujets à des crues; en effet, 25 sur les 143 ponts ont de 10 à 200 *m* de longueur; le minimum est de 6 *m*. Tous ces ponts

ınt en fer. Cette ligne est très sujette à des glissements de terrain et à ɜs inondations qui en gênent fréquemment l'exploitation.

La voie est en rails de 25 *kg* par mètre courant sur la ligne principale , de 20 *kg* sur l'embranchement de Guapiles. Un tiers des traverses ıt en gaiac, bois dont la durée est estimée à 19 ans au Panama RR; reste est en bois dur du pays dont la durée est assez faible et en acier; lus de 20 000 de ces dernières ont été employées cette année pour mplacer des traverses en bois devenues hors de service, mais on ne les nploie pas dans les parties avoisinant la mer où l'air humide et salin tère rapidement le métal. On a constaté qu'en moins de six années les averses en acier ont diminué d'épaisseur de 3 *mm* sous le patin du rail.

Le matériel de traction comprend 22 locomotives de six ou sept mo- les différents et de provenance diverse; on considère que tout le ser- ce pourrait être fait par 16 machines type *Mogul* et 2 machines de anœuvre. Sur la partie à tracé difficile, le service est fait principale- ent par de fortes locomotives américaines de Baldwin, tandis que les ıchines anglaises plus faibles desservent le reste du réseau.

Il y a 27 voitures à voyageurs de diverses provenances, les voitures éricaines plus vastes sont préférées.

Les wagons à marchandises sont au nombre de 289; les wagons amé- ıins qui portent 20 *t* font un service plus économique que les wa- ıs anglais dont le port n'est que de 8 à 10 *t*, mais ces derniers sont férables pour certains transports. Ces wagons devaient être construits plus possible en métal à cause de la destruction très rapide du bois ıs ce climat.

l y a, à Limon, une jetée en bois de 280 *m* de longueur et 15 à 20 *m* de geur portant deux voies, à laquelle accostent les navires. Les bois de te jetée, notamment les pieux sont détruits si rapidement par les ets, qu'on va être obligé d'établir un appontement métallique un peu ıs loin.

Explosions de chaudières en Angleterre. — D'après un rap- t de la *Manchester Steam Users Association*, il y aurait eu, en Angleterre, ıdant l'exercice 1895, 44 accidents survenus à des appareils à vapeur, idents qui auraient amené la mort de 40 personnes et causé des bles- es plus ou moins graves à 54 autres. Sur ce total d'accidents, 29 seu- ıent constituent des explosions proprement dites de générateurs de eur; elles ont tué 36 personnes et blessé 43. Les autres accidents qui , tué 4 personnes et en ont blessé 11, sont des explosions de réser- rs, des ruptures de conduites de vapeur, des accidents arrivés à des hauffeurs, etc.

e Manchester Steam Users Association fait observer que, sur le total des idents, un seul est arrivé à une chaudière inscrite sur ses listes et ore cet accident est-il d'une importance secondaire; il consiste dans upture de la base du dôme des soupapes de sûreté dans la chaudière ne chaloupe à vapeur, survenue sur le Canal de Manchester à la te d'une collision.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Septembre 1896.

Revue des **améliorations apportées à la production agricole** pendant l'année 1894-95, par M. Schribaux, professeur à l'Instit national agronomique.

Nous nous bornerons à signaler les principaux points traités dans cette revue. Ce sont : les moyens d'éviter les déperditions d'azote dans les engrais, et notamment dans les fumiers, l'action des traitements au sulfure de carbone sur la fertilité du sol, la culture des engrais verts dans le nord de l'Allemagne, la culture des terres tourbeuses par la méthode Rimpau en Saxe, le blé et les pommes de terre dans l'alimentation du bétail, l'accumulation dans le sol des composés cuivriques, les plantes fourragères nouvelles, et notamment l'Atriplex, plante d'origi australienne qui a une croissance très rapide et réussirait parfaitem dans les terrains salés de la Provence, de l'Algérie et de la Tunisie.

Les lignes de Luders, par M. Ch. Fremont, Ingénieur-constructeur.

On désigne par le nom de *lignes de Luders* (du nom de celui qui pa rait les avoir observées le premier en 1854) des lignes qui apparaiss quelquefois à la surface d'un morceau d'acier qui a subi une défor tion permanente et dont la forme dépend de la nature de l'opérati qui a occasionné cette déformation : pliage, compression, cisailleme poinçonnage, emboutissage, etc.

Luders avait cru pouvoir conclure de ses premières observations q les déformations superficielles dont il avait constaté l'existence devai témoigner de l'action des forces intimes agissant à l'intérieur même d pièces étudiées, bien que, cependant, l'expérience qu'il apporte à l'ap de cette opinion ne paraisse pas autrement probante. Cette observati ne semble pas avoir attiré l'attention à cette époque.

Plus tard, en 1884, en Russie, un Ingénieur des Mines, M. Bec Guerhard, en faisant des expériences sur le poinçonnage des métaux constaté la production, sur certains aciers, de stries courbées et dis sées en gerbes, dont il a fait une étude approfondie et qu'il conside comme des traces visibles des affections ou déformations plus profo et éloignées de la surface. Ces courbes n'apparaissent que sur les plaq où on a pratiqué un trou au poinçon.

Vers 1887, M. Gallon, Ingénieur de la Marine, a constaté la produc tion des lignes de Luders sur les plaques de tôles soumises au cisaille Plus récemment, en 1894, le commandant Hartmann a fait de no

ıses expériences dont il a conclu que les lignes observées sur les sur-
s sont bien les traces extérieures de mouvements moléculaires
ressant toute la masse du métal.

'ne des raisons qui le conduisaient à admettre la pénétration des
ırmations superficielles dans l'épaisseur du métal était, disait cet
érimentateur, que, dans une plaque mince soumise à la compression,
a correspondance exacte entre les déformations qui prennent nais-
ce sur ses deux faces.

lotre distingué Collègue, M. Ch. Fremont, a effectué tout récemment
lques expériences de poinçonnage et de cisaillement qui l'ont con-
t à des conclusions différentes de celles de M. Hartmann et qui sont
suivantes:

' Les lignes de Luders peuvent apparaître sur une face et pas sur
tre, malgré la faible épaisseur de la plaque;

' Ces lignes peuvent former des dessins de formes très différentes sur
leux faces;

' Les lignes présentent, en général, sur une même face, de grandes
gularités dans leur forme, leur inclinaison et leur espacement.

. Fremont fait observer que ces résultats ne sont d'ailleurs pas en
radiction avec les observations faites par Luders, Beck-Guerhard,
on, etc.

oues et turbines à vapeur, par M. K. Sosnowski.

ıuteur continue son travail par la description illustrée d'un certain
bre d'appareils rentrant dans cette catégorie et présentés entre 1838
64.

otes complémentaires sur la trempe de l'acier, par
Howe et A. Sauveur, traduites du *Journal of the Iron and Steel Ins-*
' par M. Osmond.

ıbjet de ces notes est l'examen et la discussion de l'étude microsco-
e de vingt-et-une barrettes à section carrée de 8 *mm* de côté prove-
d'un même acier peu carburé et dont les essais ont été décrits dans
ırécédent mémoire. Les auteurs tirent des résultats de cet examen
uggestions qu'ils présentent dans l'espoir qu'elles pourront aider à
lution d'un problème complexe, sans vouloir les élever au rang
pothèses, encore moins de théories.

ıbrication de l'alumine à l'usine de Larne Harbour (d'après
ıémoire présenté par M. Sutherland au dernier meeting de l'*Insti-*
ı of Mechanical Engineers).

ns cette usine, l'alumine est fabriquée au moyen de bauxite qui
ent 56 0/0 d'alumine.

broye le minerai, on le crible et on le calcine, le tout au moyen
areils mécaniques. La matière pulvérisée est traitée par une dis-
ion concentrée de soude caustique sous pression, les matières étran-
se précipitent et il reste en dissolution de l'aluminate de soude.
solution filtrée est traitée par un excès d'hydrate d'alumine : on

obtient ainsi un précipité d'hydrate d'alumine qu'on sèche et calc
Les dissolutions faibles de soude sont concentrées dans des appare
triple effet et utilisées de nouveau. Toutes les opérations précéd
s'effectuent dans des appareils mécaniques.

Notes de mécanique.

Sous ce titre est donnée la description de divers appareils: la di
bution à déclic de Pistor, le régulateur direct de Maxim, la transmi
reversible de Brown, une manœuvre à distance d'Adams, pour v
d'eau sous pression, et les dispositions Belvalette et Richards pour
lement sur billes, la première pour essieux de voiture, la seconde
transmission sans chaîne dans les vélocipèdes.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

JUIN 1896.

Paroles prononcées le 1er mai 1896 devant la tombe de M
CAPELLA, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Gr
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Les nouveaux quais verticaux du port de Borde
par M. A. PASQUEAU, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Jusqu'à ces derniers temps, le port de Bordeaux ne possédait
moins de 1 000 *m* de quais en rivière et un bassin à flot peu fréqu
cette situation était hors de toute proportion avec un trafic qui
gnait, en 1883, près de 2 1/2 millions de tonnes de marchandise
décida donc de construire un quai vertical de 1 600 *m* destiné à pr
ger les anciens quais jusqu'au bassin à flot. Ces travaux et que
autres accessoires furent déclarés d'utilité publique par une l
2 août 1887.

Vu la mauvaise nature des terrains et les mouvements inqui
subis par tous les quais de Bordeaux, on adopta le système des v
en maçonnerie portées par des piles fondées à l'air comprimé. Le
cipe de ce mode de fondation consiste à recevoir la majeure partie
poussée des remblais sur un puissant cordon d'enrochements et
vrir le talus extérieur de ces enrochements par un véritable viadu
gitudinal destiné à mettre les navires en communication avec le
plein.

Ce viaduc a 10 mètres de largeur, les voûtes ont 12 mètres de
avec flèche au sixième et les piles ont 4 mètres de largeur; neuf
ou piles-culées ont été réparties sur toute la longueur du quai; ce
ont été descendues jusqu'a la marne et encastrées plus ou moins
cette couche. Après diverses péripéties et plusieurs modificatio
projet, les travaux furent divisés en deux parties adjugées l'
MM. Zschokke et Terrier, l'autre à M. Hersent.

Ces entrepreneurs ont employé des dispositions différentes pour le nçage des piles. Les premiers ont installé un atelier central de compression à terre, comprenant des moteurs et générateurs perfectionnés où l'air était envoyé par des conduites aux caissons à foncer. On pouit foncer six caissons et même plus à la fois. L'atelier comprenait une audière fixe de 80 m^2 de surface de chauffe, une machine Corliss de 0 *ch*; une demi-fixe Weyher et Richemond, 2 locomobiles de 35 et *ch*, 5 compresseurs Sautter et 3 compresseurs Burckhardt.

La chambre de travail avait extérieurement les dimensions de la base la pile et était formée d'une ceinture métallique qu'on faisait flotter sur laquelle on construisait, à l'air libre, au moyen de hausses en is, de la maçonnerie formant le corps de la pile, tout en déblayant à ir comprimé dans la chambre de travail.

M. Hersent, dans ses travaux, a modifié le système précédent par la bstitution aux hausses, à partir d'une certaine hauteur, du système batardeau mobile appliqué déjà par lui à la construction des quais Anvers et de Lisbonne. Ce système consiste à construire à terre une mense caisse métallique capable d'envelopper entièrement la pile de-is la retraite des hausses fixes jusqu'à la limite supérieure des eaux. tte caisse est mise à l'eau et, au moyen de pontons, amenée sur le isson avec lequel on l'assemble. Ce batardeau permet d'élever les manneries à sec. Quand la pile est à fond, on enlève le batardeau et on fait servir à la construction d'une autre pile.

Pour le fonçage, M. Hersent s'est servi de compresseurs placés sur des ntons flottants et pouvant se déplacer au fur et à mesure de l'avannent des travaux. On sait que notre éminent Collègue et ancien prént a utilisé ces installations pour faire d'intéressantes expériences : la limite des pressions qui peuvent être supportées sans danger par hommes et, par suite, sur la limite des profondeurs qui peuvent e atteintes dans les travaux de fonçage à l'air comprimé. Il a trouvé 'avec certaines précautions, on pourrait atteindre 30 à 35 *m*.

Le montant total des travaux s'est élevé au chiffre de 10 millions de ncs en nombres ronds.

JUILLET 1896

Note sur **la question de l'utilité des chemins de fer**, par LEGAY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur fait remarquer que l'établissement d'un chemin de fer subtionné aux frais des deniers publics constitue, en définitive, l'allocan indirecte d'une prime aux transports. On est conduit ainsi à se dender s'il n'y aurait pas quelque intérêt à comparer les conséquences nomiques d'un chemin de fer avec celles qu'on pourrait attendre de location effective de primes aux transports effectués sur les voies existantes.

Au moyen de quelques hypothèses plus ou moins plausibles, sur la me de ce que l'on appelle la courbe du trafic (cette courbe ayant pour scisses les prix de transport par routes et chemins de fer et pour ornées les valeurs du trafic préexistant sur route et de celui qui s'éta-

blira sur voie ferrée), on obtiendra, au point de vue purement économique, c'est-à-dire abstraction faite des autres avantages que peut produire l'établissement d'un chemin de fer, une indication suffisamment approximative de la limite au delà de laquelle il ne serait plus démontré que cet établissement procure à la société des avantages supérieurs aux charges qu'il impose ou, plus exactement, aux avantages qu'elle aurait pu retirer d'un autre emploi de la même dépense.

Essai technique sur la rectification de l'ellipse et des intégrales elliptiques ou hyperelliptiques, par M. V. Williot, Sous-Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette cote a pour objet la détermination du rayon d'un cercle de même circonférence que l'ellipse et celle des surfaces et volumes de corps ayant l'ellipse pour base.

Les trappes d'expansion de vapeur des fourneaux de chaudières, par M. Walckenaer, Ingénieur des Mines, secrétaire de la Commission centrale des machines à vapeur.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines* et nous en avons rendu compte dans le Bulletin d'août 1896, page 336.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Aout 1896

District de Bourgogne

Réunion du 25 juillet 1896.

Communication de M. Raymond sur les **alternateurs à bobinages fixes** et sur les rectificateurs de courant.

L'auteur décrit un type d'alternateur dans lequel tous les bobinages sont fixes et qui, par conséquent, ne comporte aucun contact mobile. L'adduction du courant inducteur se fait par une simple jonction au lieu de nécessiter des frotteurs. Le système est employé à l'usine de Chèvres près Genève et les ateliers du Creusot construisent en ce moment pour MM. Chagot et Cie de Montceau-les-Mines, deux alternateurs triphasés de 300 *ch* à 5000 volts établis sur ce type.

L'autre appareil sert à transformer les courants alternatifs en courant continu; il ne diffère d'une dynamo à courant continu ordinaire que par l'addition de frotteurs pour recevoir les courants alternatifs et par la disposition et la division des bobinages.

Communication de M. L. Graillot sur **la presse duplex de Blanzy.**

Cette presse est une modification de la presse bien connue Couffinhal pour la fabrication des agglomérés de houille. Elle est disposée pour

ɔrimer à la fois deux briquettes, tout en maintenant une entière pendance des organes de compression ; on a ainsi une pression égale toutes les briquettes, malgré l'inégalité inévitable du remplissage noules.

/ec des briquettes de 7 *kg* et 26 tours de came par minute, soit 52 ıettes par minute ou 364 *kg*, on fait, par heure, 21,8 *t* ou 218 par ȝ de 10 heures.

ımmunication de M. LEVET sur **un nouveau transporteur éricain,** système KREISS.

ːt appareil se compose simplement d'un canal horizontal en tôle ou ois supporté par des ressorts inclinés faits de lames de bois souple. ırbre coudé et une bielle lui donnent un mouvement alternatif dans ns de la longueur. Par cette combinaison, la matière est projetée en ıt pendant que le canal se dérobe sous elle, de telle sorte que la ma- à transporter semble glisser légèrement dans le canal et avance dement.

ːt appareil, d'une très grande simplicité, peut remplacer les vis sans transporteurs à courroie, etc., il est déjà assez employé en Angle- ʒ, Allemagne, Autriche, Belgique, etc.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN D'AOUT-SEPTEMBRE 1896.

ésumé par M. V. SCHLUMBERGER de la conférence de M. le professeur ENKAMP sur **les rayons X de Rœntgen** donnée les 18 et 18 fé- r 1896.

ote sur l'**application des moteurs électriques aux mé- s à tisser**, par M. Léon FREY.

ı commande directe des métiers à tisser par des moteurs électriques transmissions, ni courroies, présente un grand intérêt.

M. Brown, Bovery et Cie, de Baden, emploient, pour cette commande, moteurs à courant triphasé qui sont suspendus au prolongement de ıre coudé du métier. Un simple commutateur met en marche ou te le métier. Il y a un engrenage formé de deux roues, l'une en ʒ, l'autre en buffle taillé qui donne un rapport de vitesse de 7 à 8. Le ıur de 0,40 *ch* tourne à 870 tours, la tension est de 100 volts.

ː prix de ces moteurs est de 160 à 170 *f*, y compris le support, les enages et le commutateur.

ssais, par M. WALTHER-MEUNIER, Ingénieur en chef de l'Association ienne des propriétaires d'appareils à vapeur, **d'un appareil de ulation d'eau dans les chaudières**, présentés par M. Th. ER, Ingénieur aux tramways de Mulhouse.

t appareil se compose de deux tubes en fonte superposés, fermés

aux deux bouts et percés à leur partie supérieure d'une ouverture tangulaire et sur les côtés d'ouvertures oblongues. On place cet app sur les têtes des bouilleurs de la chaudière. L'eau, refoulée par la po entre par la tubulure commune et sort par les ouvertures en don à l'eau un mouvement giratoire destiné à activer la circulation de et à faciliter le dégagement des bulles de vapeur qui se forment su parois des bouilleurs. Le fonctionnement de cet appareil exige un mentation continue.

L'essai a été fait sur une chaudière à trois bouilleurs de l'établissen de distribution du Bas-Service de Mulhouse.

Comme résultat, on a trouvé comme vaporisation, un léger avant de 4 à 5 0/0 en faveur de l'appareil Furrer, mais on a constaté une crustation considérable dans les tubes de l'appareil : ceux-ci étaient p que entièrement bouchés après sept semaines de marche. C'est un convénient sérieux. On peut considérer l'appareil Furrer comme appareil d'étude et provisoire qui peut servir de point de départ à perfectionnements.

Enlèvement des taches de graisses minérales. — Mém pour obtention de prix et rapport sur ce mémoire.

Le rapport conclut, vu les bons résultats donnés par le procédé d au mémoire, à ce qu'il soit décerné une médaille d'argent à l'aut M. S. Schweitzer, chimiste à Mulhouse.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 40. — *3 octobre 1896.*

Aperçu sur la théorie des combles en coupole, par R. Kohfahl

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Budapest par Otto H. Mueller junior *(suite)*.

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley

Un nouveau registre des patentes, par J. Labszynski.

Recherches sur les diagrammes d'indicateur, par A. Pfau.

Groupe de Mannheim. — Fabrication du caoutchouc et son em l'industrie. — Nouveautés dans les pompes.

Bibliographie. — Principes d'une histoire des sciences natu F. Dannemann. — Manuel de sondage, par Th. Tecklenburg

N° 41. — *10 octobre 1896.*

Aperçu sur la théorie des combles en coupole, par R. Kohl

Machine Corliss horizontale à un seul cylindre de F. Grundler.

Réunion générale de l'Association des métallurgistes à Gleiwitz, le 20 septembre 1896.

Bibliographie. — Les recherches de Nicolas Tesla sur les courants polyphasés et les courants alternatifs de haute tension et grande fréquence, par T. C. Martens. — Les locomotives suisses, par Camille Barbey.

N° 42. — *17 octobre 1896.*

Machines motrices des tramways électriques et du chemin de fer souterrain de Budapest.

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley *(suite).*

Aperçu sur la théorie des combles en coupole par R. Kohlfahl *(fin).*

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Budapest en 1896, par Otto H. Mueller junior *(suite).*

Groupe de Hambourg. — Dispositions de sécurité pour les voitures des tramways électriques.

Réunion générale de l'Association des métallurgistes allemands, à Gleiwitz, le 20 septembre 1896 *(fin).*

Bibliographie. — Éclairage public à Berlin, par H. Lux. — Manuel de la métallurgie du fer, par Hermann Wedling. — Historique des matières explosives, par S. J. von Rowocki.

Correspondance. — Théorie du ventilateur Mortier. — James Watt et les principes de la construction de la machine à vapeur moderne. — Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Budapest.

N° 43. — *24 octobre 1896.*

Exposition nationale suisse à Genève. — Usine hydraulique de Chèvres, par Fr. Hey.

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley *(suite).*

Expériences sur un moteur à gaz de 160 *ch* avec gazogène à coke pour élevation d'eau, par G. Meyer.

Nouveautés dans la question de la surchauffe de la vapeur, par M. Schröter.

Arcs continus avec double articulation, par F. Rohny.

Correspondance. — Acier coulé ou fonte dans la construction des dynamos. — Transmission par corps élastiques, courroies ou cordes.

N° 44. — *31 octobre 1896.*

Exposition industrielle et maritime du Schleswig-Holstein, à Kiel en 1896. — Machines-outils de Droop et Rein, par Hermann Fischer.

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley *(suite).*

Exposition nationale suisse à Genève. — Les turbines, par Fr. Hey.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Matières pour les conduites de vapeur.

Bibliographie. — Berlin et ses constructions, publié par l'Association des architectes de Berlin. — Hydraulique et moteurs hydrauliques, par Hederich et Nowak.

Variétés. — Importation et exportation de machines et matériel de chemins de fer de l'Empire allemand pour l'année 1895.

N° 45. — *7 novembre 1896.*

Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley *(fin).*

Application des courants de haute tension à l'Exposition industrielle de Berlin en 1896, par F. Upperborn.

Expériences sur un moteur à gaz avec gazogène à coke pour élévation d'eau, par G. Meyer *(suite).*

Chaudières et machines à vapeur à l'Exposition de Budapest, en 1896, par Otto H. Mueller junior *(fin).*

La nouvelle loi russe sur les patentes d'invention.

Pompe à incendie avec moteur à benzine de Grether et Cie, à Fribourg-en-Brisgau.

Groupe de Berlin. — Nouveautés dans les appareils de condensation et particulièrement dans l'emploi des condenseurs à surface.

Correspondance. — Machines-outils et machines-motrices à l'Exposition de Nüremberg.

N° 46. — *14 novembre 1896.*

Régularisation de l'embouchure de la Vistule, par A. Rudolph *(suite).*

Expériences sur un moteur à gaz de 160 *ch* avec gazogène à coke pour élévation d'eau, par E. Meyer *(fin).*

Exposition industrielle et maritime du Schleswig-Holstein, à Kiel en 1896.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Procédés électrolytiques pour la grande industrie.

Groupe de Berlin. — Les locomobiles et particulièrement la locomobile Buckholtz.

Variétés. — Explosions de chaudières à vapeur dans l'Empire allemand en 1895. — Association allemande pour l'essai des matériaux de construction.

Ces entrepreneurs ont employé des dispositions différentes pour le fonçage des piles. Les premiers ont installé un atelier central de compression à terre, comprenant des moteurs et générateurs perfectionnés d'où l'air était envoyé par des conduites aux caissons à foncer. On pouvait foncer six caissons et même plus à la fois. L'atelier comprenait une chaudière fixe de 80 *m*² de surface de chauffe, une machine Corliss de 120 *ch*; une demi-fixe Weyher et Richemond, 2 locomobiles de 35 et 18 *ch*, 5 compresseurs Sautter et 3 compresseurs Burckhardt.

La chambre de travail avait extérieurement les dimensions de la base de la pile et était formée d'une ceinture métallique qu'on faisait flotter et sur laquelle on construisait, à l'air libre, au moyen de hausses en bois, de la maçonnerie formant le corps de la pile, tout en déblayant à l'air comprimé dans la chambre de travail.

M. Hersent, dans ses travaux, a modifié le système précédent par la substitution aux hausses, à partir d'une certaine hauteur, du système de batardeau mobile appliqué déjà par lui à la construction des quais d'Anvers et de Lisbonne. Ce système consiste à construire à terre une immense caisse métallique capable d'envelopper entièrement la pile depuis la retraite des hausses fixes jusqu'à la limite supérieure des eaux. Cette caisse est mise à l'eau et, au moyen de pontons, amenée sur le caisson avec lequel on l'assemble. Ce batardeau permet d'élever les maçonneries à sec. Quand la pile est à fond, on enlève le batardeau et on le fait servir à la construction d'une autre pile.

Pour le fonçage, M. Hersent s'est servi de compresseurs placés sur des pontons flottants et pouvant se déplacer au fur et à mesure de l'avancement des travaux. On sait que notre éminent Collègue et ancien président a utilisé ces installations pour faire d'intéressantes expériences sur la limite des pressions qui peuvent être supportées sans danger par les hommes et, par suite, sur la limite des profondeurs qui peuvent être atteintes dans les travaux de fonçage à l'air comprimé. Il a trouvé qu'avec certaines précautions, on pourrait atteindre 30 à 35 *m*.

Le montant total des travaux s'est élevé au chiffre de 10 millions de francs en nombres ronds.

JUILLET 1896

Note sur **la question de l'utilité des chemins de fer**, par M. LEGAY, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'auteur fait remarquer que l'établissement d'un chemin de fer subventionné aux frais des deniers publics constitue, en définitive, l'allocation indirecte d'une prime aux transports. On est conduit ainsi à se demander s'il n'y aurait pas quelque intérêt à comparer les conséquences économiques d'un chemin de fer avec celles qu'on pourrait attendre de l'allocation effective de primes aux transports effectués sur les voies préexistantes.

Au moyen de quelques hypothèses plus ou moins plausibles, sur la forme de ce que l'on appelle la courbe du trafic (cette courbe ayant pour abscisses les prix de transport par routes et chemins de fer et pour ordonnées les valeurs du trafic préexistant sur route et de celui qui s'éta-

La seconde partie comprend : l'utilisation et l'épuration des eaux d'égout, question qui présente un grand intérêt dans les villes de l'Ouest qui ne disposent généralement pas de cours d'eau rapide où la pollution n'est pas beaucoup à craindre; on trouve décrits d'intéressants exemples de ces installations. L'alimentation d'eau des villes se relie intimement avec la question précédente, ainsi que l'établissement des barrages. Une partie importante est consacrée aux tunnels, travaux de dragage et aux ports, travaux hydrauliques, amélioration des rivières, pour finir par les phares, dont un spécimen remarquable était exposé à Chicago par le gouvernement des États-Unis.

Nous sommes persuadé que nos Collègues liront avec intérêt cette nouvelle partie du travail de MM. Grille et Falconnet, où ils trouveront des renseignements très utiles et d'autant plus complets que les auteurs n'ont pas cru devoir se confiner dans l'enceinte de l'Exposition où les grands travaux ne pouvaient figurer que par des dessins, modèles ou notices, et qu'ils ont considéré comme nécessaire d'étendre leur cadre au dehors.

Cet ouvrage est accompagné d'un atlas de 111 planches donnant les vues d'ensemble et de détail des travaux décrits dans le texte.

Traité des véhicules automobiles sur routes. — Les voitures à pétrole, par Louis Lockert, Ingénieur, délégué du Touring-Club de France. — Paris, chez l'auteur, 26, place Dauphine.

Nous avons précédemment fait un compte rendu d'un premier fascicule du traité de M. Lockert sur les véhicules automobiles sur routes, fascicule consacré aux *Voitures à vapeur*. Nous nous occupons aujourd'hui d'une autre partie dans laquelle notre Collègue étudie les voitures à pétrole.

On désigne sous le nom de voitures à pétrole, celles où on emploie le liquide combustible comme source de force motrice, ce liquide étant pratiquement de la famille des pétroles, c'est-à-dire pétrole lampant, gazoline, etc., le premier pouvant d'ailleurs être employé de deux manières absolument différentes, c'est-à-dire, soit comme combustible agissant par chauffage externe pour produire de la vapeur, soit par action interne dans un moteur à combustion intérieure ou un moteur à explosion. Le premier cas nous semble rentrer absolument dans la catégorie des moteurs à vapeur.

L'auteur décrit les principaux moteurs à pétrole qui ont été appliqués à des voitures, moteur Daimler employé sur les voitures Levassor et Panhard qui paraissent avoir donné jusqu'ici les meilleurs résultats et sur les voitures Peugeot; moteur Benz employé sur les voitures du même nom, moteurs Tenting, Lepape, etc., et décrit les applications faites. On trouvera dans cette partie descriptive des renseignements du plus grand intérêt.

Les conclusions de M. Lockert sont les suivantes : A l'heure actuelle et dans l'état d'avancement de la question, la vapeur reste indiquée pour les véhicules d'une certaine importance, tels que ceux qui sont

transports en commun ou à ceux des marchandises, om-
ons, voitures de livraison, etc., le pétrole est réservé aux
ur les transports personnels, victorias, landaus, etc. Cette
ngera, si on parvient à faire des moteurs à pétrole pour
ıe force supérieure à 12 *ch.*
rs à pétrole sont encore peu perfectionnés, ils ont beaucoup
ıs le rapport du rendement mécanique, de l'élasticité, etc.
nt à leur donner ces qualités, ils ont certainement un grand
les grands avantages de leur emploi est certainement dans
'on a de se procurer partout le pétrole, et à prix très bas, au
les pays où le coût de cette matière n'est pas, comme en
ée artificiellement par des droits excessifs.
t fait remarquer, avec raison, qu'un ouvrage de la nature
evrait être refait périodiquement, car en présence des pro-
iers qui se font dans une question de ce genre, il peut
moment à l'autre des faits qui modifient du tout au tout
ons vraies aujourd'hui, et font remplacer par de nouveaux
ui paraissaient les meilleurs à l'instant où le livre est écrit.
de tous les ouvrages qui traitent d'industries à leurs débuts
formation. Notre Collègue en sera quitte pour faire une
ition plus ou moins refondue de son ouvrage, édition que
haitons prochaine.

Pour la Chronique, les Comptes rendus
et la Bibliographie :

A. MALLET.

Le Secrétaire Général, Gérant responsable,

A. DE DAX.

IMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 21748-10-96. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

OMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

DÉCEMBRE 1896

N° 12

11° *Charbonnages de Hong-Hay (Tonkin)*, par M. F. Brard, et observatior de MM. L. Molinos, H. Rémaury, Hebert, G. Richard, de Carr‹ı (Séance du 4 décembre), page 748;

12° *Compte rendu de la situation financière de la Société*, par M. H. Coı riot, Trésorier (Séance du 18 décembre), page 754;

13° *Élection des Membres du Bureau et du Comité pour 1897* (Séance d 18 décembre), page 759;

14° *Prix Giffard à décerner en 1899* (Le sujet du concours du) (Séance dı 4 décembre), p. 759;

15° *Chronique* n° 204, par M. A. Mallet, page 761;

16° *Comptes rendus*, — page 774;

17° *Table des matières contenues dans la chronique de 1896*, page 783;

18° *Table des matières traitées dans le deuxième semestre du bulletin de 1896*, page 786;

19° *Table alphabétique par noms d'auteurs des mémoires insérés dans deuxième semestre du bulletin de 1896*, page 791.

Pendant le mois de décembre 1896, la Société a reçu :

36405 — De M. E.-T. Carter (M. de la S.). *Motive Power and Gearing f. Electrical Machinery: A Treatise on the Theory and Practice c the Mechanical Equipment of Power Stations for Electric Supply and for Electric Traction, by E. Tremlett Carter* (in-8° de xII-620 p. avec 201 fig. dans le texte). London.

36406 — De l'Association internationale pour l'essai des matériaux. *Association internationale pour l'essai des matériaux. Statuts et État nominatif des membres clôturé le 1er septembre 1896* (in-8° de 36 p.). Zürich, 1896.

36407 — De la Société générale française d'exploitation et de traitement des minerais. *Société générale française d'exploitation et de traitement des minerais. Mines de Ville-Vieille (Puy-de-Dôme). Visite du 7 au 9 novembre 1896. Rapport de M. Leverrier* (in-4° de 6 p.). Paris, G. Balitout, 1896.

36408 — De M. F. Castelnau (M. de la S.). *Essai sur les mines d'or de la France, par M. F. Castelnau* (in-8° de 139 p.). Paris, Société anonyme des Publications scientifiques et industrielles, 1895.

36409 — De M. L. Zbyszewski (M. de la S.). *Plan de l'Exposition de Nijny-Novgorod en 1896 et photographies de l'état d'avancement des travaux* (une feuille 880 × 630 et 17 feuilles de 475 × 320).

36410 — De M. Landry (M. de la S.). *Exposition universelle de 1900. Projet de pont à établir sur la Seine, entre les Champs-Élysées et l'Esplanade des Invalides. Premier projet présenté par M. Landry* (grand in-4° de 15 p. avec 6 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1896.

36411 — Dito. *Exposition universelle de 1900. Projet de pont à établir sur la Seine, entre les Champs-Élysées et l'Esplanade des Invalides. Deuxième projet présenté par M. Landry* (grand in-4° de 10 p. avec 6 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1896.

— Du Secretaria de Fomento, Colonizacion é Industria de la República Mexicana. *Anuario de la Academia Mexicana de Ciencias exactas, fisicas y naturales. Correspondiente de la Real de Madrid, Año I. 1895* (in-8° de 82 p.). Mexico, 1896.

— De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers, with other selected and abstracted Papers. Vol. CXXVI, 1895-96. Part. IV.* London, 1896.

— Dito. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Brief, Subject Index. Vol. CXIX to CXXVI. Sessions 1894-95 and 1895-96.* London, 1896.

— De M. J. de Coëne (M. de la S). *Bulletin de l'Association normande pour prévenir les accidents du travail. Année 1896, n° 17.* Rouen, Siège de la Société, 1896.

— Du Ministère du Commerce et de l'Industrie. *Description des
417 machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publié par les ordres de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie. Tome LXXXV (1re Partie), nouvelle série. Tome LXXXV (2e Partie), nouvelle série.* Paris, Imprimerie Nationale, 1896.

— De M. A. Carnot. *Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phophorites et des phosphates sédimentaires. Remarques sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates, par M. Adolphe Carnot* (Extrait des Annales des Mines, livraison d'août 1896) (in-8° de 99 p.). Paris, Ve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896.

— Dito. *Sur le mode de formation des gîtes sédimentaires de phosphates de chaux, par M. Adolphe Carnot* (Extrait des comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, tome CXXII, séance du 9 novembre 1896) (petit in-4° de 6 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896.

— Dito. *Les cartes agronomiques communales, par M. Adolphe Carnot* (pages 309 à 318 de la Revue Scientifique du Limousin, n° 46, quatrième année, 15 octobre 1896) (in-8° de 10 p.). Limoges, Ve H. Ducourtieux, 1896.

— *Une semaine coopérative, 25 octobre-1er novembre 1896* (petit in-4° de 132 p.). Paris, Calmann Lévy, 1896.

— De M. E. de Churruca. *Junta de Obras del Puerto de Bilbao. Memoria que manifesta il Estado y Progreso de las Obras de Mejora de la Ria de Bilbao y cuenta de Ingresos y Gastos durante el año economico de 1895 a 1896.* Bilbao, 1896.

— De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *Heat Wastes in Steam-Engine Cylinders, by Robert H. Thurston* (Reprinted from the Journal of the Franklin Institute, October 1896) (in-8° de 29 p.). Philadelphia, 1896.

36424 et 36425 — De la Smithsonian Institution, par le Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Report of the Superintendent of the U. S. Coast and Geodetic Survey showing the Progress of the Work during the Fiscal year Ending with June 1894. In two Parts. Part I and Part II.* Washington, 1895.

36426 — De la Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. *Société Technique de l'Industrie du Gaz en France. Compte rendu du vingt-troisième Congrès tenu les 16 et 17 juin 1896 à Clermont-Ferrand.* Paris, Société anonyme de publications périodiques, 1896.

36427 — De MM. H. Vallot et J. Vallot (M. de la S.). *Annales de l'Observatoire météorologique du mont Blanc (altitude 4358 mètres), publiées sous la direction de M. J. Vallot. Tome II.* Paris, G. Steinheil, 1896.

36428 — De l'École spéciale d'Architecture. *École spéciale d'Architecture, Année 1896-97. Séance d'ouverture du 11 novembre 1896.* Paris. Delalain frères, 1896.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de décembre sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

J.-P. Bertrand,	présenté par MM.	Neveu, E. Lippmann, de Dax.
G. Darrieus,	—	Assi, Gassaud, P. van den Berghe.
M. Dibos,	—	Brulé, Cavalier, Frémont, Laussédat.
J. van Heurn,	—	Buddingh, de Dax, Juin.
G. Kumps,	—	Coiseau. L. Henry, Urban.
L.-G. Maris,	—	Bougault, Imbert, Jolibois.
L.-J. Marnay,	—	Denoyelle. Neveu, Roger.
A. Marx,	—	Cahen-Strauss, Douane, Genès.
C.-L. Pérès,	—	Dujardin-Beaumetz, Pereire, Terrier.

Comme membres associés, MM. :

E. Demuth,	présenté par MM.	Avisse, Bertrand de Fontviolant, de Dax.
C. Guiet,	—	Badois, Belin, E. Lippmann.
E.-L. Lefranc,	—	Bricard, de Dax, Jousselin.
P.-E.-M. Millet,	—	Badois, Flicoteaux, Mesureur.
L.-P. Raynaud,	—	Delmas, Fischer, Molinos.

RÉSUMÉ

DES

ιOCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE DÉCEMBRE 1896

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 DÉCEMBRE 1896

Présidence de M. L. Molinos, Président.

séance est ouverte à 8 heures et demie.

ınt l'adoption du procès-verbal de la dernière séance, M. le Pré-r désire réparer un oubli qu'il a fait à la suite de la communication . Zbyszewski, et il rappelle que M. Caillet qui avait bien voulu ter les fonctions de délégué à l'Exposition de Nijny-Novgorod nous parvenir il y a quelque temps un rapport fort intéressant sur cette sition accompagné de planches et dessins relatifs à la construction âtiments.

le Président remercie M. Caillet et donne lecture d'une lettre de ıauveau des Roches.

« *Paris, 4 décembre 1896.*

» Monsieur le Président,

omme suite aux très intéressantes communications de M. E. Lipp-ι et, en outre, des sondages qu'il nous a cités, sondages *subventionnés* autorité militaire, il est bon de rappeler que l'initiative privée pas restée inactive non plus dans cette région.

ous l'inspiration de ses administrateurs, MM. Fau et Foureau, la ıagnie de Biskra et de l'Oued Rir', à elle seule, a créé de nombreux artésiens dans la région de l'Oued Rir' au moyen d'un outillage eusement approprié par elle.

)ans Biskra même, d'accord avec la Société française des pétroles forages artésiens, elle a opéré deux recherches d'eau, l'une par-en 32 jours à 230 *m* de profondeur, dans des terrains des plus dif-, et une seconde, descendue à 354 *m* en 60 jours (mêmes terrains). ι Foughala, dans les Zibans, un forage de 217 *m* a été opéré en ırs. L'eau jaillissante y fut rencontrée dès 62 *m*. Ce fut le premier jaillissant et dont le débit coulât sur le sol, foré dans cette région.

» La Société en question poursuit ses travaux en exécutant dans ces derniers temps, trois sondages dont le débit varie de **300** à **400** *l* à la minute.

» Ces forages continuent aussi activement que les ressources de la Compagnie de Biskra et de l'Oued Rir' le lui permettent, *nulle subvention d'aucune sorte* n'étant encore venue à son aide.

» En résumé, cette Société a foré avec son propre atelier :

» 1° Huit puits dans la région de l'Oued Rir', atteignant ensemble près de 600 *m*, et débitant un total de plus de 18 000 *mètres cubes* d'eau par jour;

» 2° Dans la région des Zibans, trois puits formant ensemble plus de 360 *m*, et d'un débit total de plus de 1 400 *mètres cubes* journellement;

» A Biskra, quatre puits donnant une profondeur totale de près de 700 *m*, mais sans débit jaillissant, et prouvant, toutefois, la présence d'une nappe ascendante dont le niveau se maintient aux environs de 34 *m* au-dessous du sol; constatation précieuse dans un pays où la valeur de l'eau atteint un chiffre considérable, dût-on même, pour l'aspirer, avoir recours à des moyens mécaniques.

» Les quatre puits de Biskra et un des Zibans ont été forés avec l'aide des appareils de la Société française des pétroles et des forages artésiens.

» Ce qui précède m'a paru un exemple à citer des résultats obtenus par la volonté et la persévérance de nos colons algériens, et digne d'être communiqué à la Société des Ingénieurs Civils de France, comme un complément tout indiqué du travail présenté par notre éminent Collègue, M. E. Lippmann, dans la séance du 20 novembre.

» J'espère que la présente lettre vous parviendra assez tôt pour que vous puissiez en donner lecture dans la séance de ce soir à laquelle, malheureusement, il ne me sera pas possible d'assister.

» Veuillez, Monsieur le Président, agréer l'assurance de mes sentiments bien dévoués.

» Chauveau des Roches. »

Le procès-verbal est ensuite adopté.

M. le Président a le regret d'annoncer le décès de plusieurs Collègues:

M. Bévan, Henri, membre de la Société depuis 1849, a été Ingénieur au chemin de fer du Nord-Ouest de l'Espagne et administrateur des chemins de fer des Asturies, Galice et Léon;

M. Durocher, Constant, membre de la Société depuis 1848, a été bibliothécaire de la ville de Coulommiers;

M. Castel, Émile, membre de la Société depuis 1853, secrétaire-général honoraire de la Compagnie du chemin de fer du Nord, officier de la Légion d'honneur;

M. Delanney, Hippolyte-François, membre de la Société depuis 1856, agent voyer en chef honoraire de la Sarthe, membre du Comité consultatif de la vicinalité au Ministère de l'Intérieur, officier de la Légion d'honneur;

M. Bleynie, Martial, membre de la Société depuis 1866, ingénieur civil;

M. Michelet, Gustave, membre de la Société depuis 1887, administrateur délégué des Chemins de fer secondaires.

M. Stous-Sloot, Jan-Willem, membre de la Société depuis 1883, Ingénieur en chef du Matériel et de la Traction aux Chemins de fer hollandais.

M. le Président fait part des distinctions et nominations dont un certain nombre de Collègues ont été l'objet :

M. L.-A. Drouin a été nommé officier du Medjidié;

M. L. Eyrolles a été nommé officier d'Académie;

M. A. Liébaut a été nommé membre de la Commission supérieure du travail dans l'industrie.

Ont été nommés membres des Comités départementaux de l'Exposition de 1900 :

Hautes-Alpes, sous-comité de l'arrondissement de Gap, M. A. Chancel;

Mayenne, sous-comité de l'arrondissement de Mayenne, M. Denis;

Meurthe-et-Moselle, sous-comité de l'arrondissement de Nancy, MM. Cavallier et X. Rogé; sous-comité de l'arrondissement de Briey, M. Ladret; sous-comité de l'arrondissement de Lunéville, M. Bauquel;

Meuse, sous-comité de l'arrondissement de Bar-le-Duc, MM. Dyckhoff, Lamort et Salin; sous-comité de l'arrondissement de Commercy, M. Gros didier;

Nièvre, sous-comité de l'arrondissement de Nevers, MM. Blandin, Bouchacourt et Magnard;

Nord, sous-comité de l'arrondissement de Lille, MM. Agache, Mathelin et Wallaert; sous-comité de l'arrondissement d'Avesnes, MM. Dervaux, E. Despret, Hamoir, Mulat et A. Vautier; sous-comité de l'arrondissement de Cambrai, M. Simons; sous-comité de l'arrondissement de Douai, MM. P. Arbel, A. Chartier et A. Vuillemin; sous-comité de l'arrondissement de Valenciennes, MM. E. Dervaux, A. Lacroix, Malissard, L. Pralon et Turbot;

Oise, sous-comité de l'arrondissement de Beauvais, MM. Alavoine, Janet-Dupont et Nativelle; sous-comité de l'arrondissement de Clermont, MM. P. Chouanard et Latteux-Bazin; sous-comité de l'arrondissement de Senlis, MM. Daydé, Prudon et Somasco.

Pas-de-Calais, sous-comité de l'arrondissement d'Arras, M. D. Ghesquière; sous-comité de l'arrondissement de Boulogne-sur-Mer, M. Lonquéty; sous-comité de l'arrondissement de Montreuil-sur-Mer, M. L. Laligant;

Pyrénées (Basses-), sous-comité de l'arrondissement de Bayonne, MM. Décé et Ch. Forsans.

M. le Président a le plaisir de porter à la connaissance de la Société les dons qui ont été faits par deux de nos Collègues.

M. E. Bernheim fait don à la Société de l'obligation de 500 francs qu'il avait souscrite à l'Emprunt de la Société.

M. E. Vlasto fait don à la Société d'une somme de 100 francs pour le nouvel Hôtel.

M. le Président adresse tous ses remerciements à ces généreux Collègues.

Parmi les ouvrages reçus dont la liste complète se trouvera à la suite du procès-verbal, M. le Président signale plus spécialement l'ouvrage

de M. E. Tremlett Carter intitulé : *Traité théorique et pratique des installations mécaniques pour la production et la fourniture de l'énergie électrique.*

M. le Président annonce que la Société a été invitée par M. le Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts à désigner des délégués pour la représenter au Congrès des Sociétés savantes qui se tiendra, à Paris, à la Sorbonne, du 20 au 24 avril prochain.

MM. H. Chevalier et Remaury sont désignés comme délégués.

M. G. Canet a la parole pour sa communication sur les *appareils de sécurité des canons à tir rapide destinés à prévenir les accidents.*

Le 26 octobre dernier, un terrible accident a eu lieu au Havre, au polygone du Hoc, appartenant à la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée.

Au moment où les tirs de recette d'un des canons de 65 *mm*, à tir rapide, destinés à l'armement du cuirassé grec *Psara* allaient être achevés, il se produisit une explosion de la cartouche qui venait d'être introduite dans le canon. La culasse, n'étant pas fermée, fut projetée à l'arrière et les personnes qui se trouvaient dans le voisinage de l'axe de la bouche à feu furent plus ou moins atteintes par les débris du mécanisme et par les gaz de la poudre. M. A. Brindeau, l'Ingénieur de la Société, qui dirigeait les tirs, fut tué sur le coup. Le chef d'équipe expirait quelques instants après. Un autre servant et M. le lieutenant de vaisseau Tsoucalas, de la marine hellénique, qui assistait à ces essais pour le compte de son gouvernement, étaient grièvement blessés.

Cette catastrophe a causé une très vive et très légitime émotion dans le monde militaire, car, étant donné le nombre des victimes, on était naturellement amené à penser qu'il devait y avoir eu éclatement ou déculassement du canon. Il n'en est rien ; la bouche à feu est restée intacte, l'accident ayant été causé uniquement par l'inflammation prématurée de la charge avant la fermeture de la culasse.

L'industrie du matériel d'artillerie fait aujourd'hui partie du domaine de l'Ingénieur civil et nos Collègues sont en droit, après ce qui s'est passé au polygone du Hoc, de se demander si ceux qui sont chargés de la conception des engins de guerre ont pris les mesures nécessaires pour éviter, comme c'est leur devoir, les accidents inhérents à l'emploi des substances explosives.

C'est pour me permettre de répondre à cette préoccupation, tout au moins en ce qui concerne les canons de mon système, que je vous demanderai de vouloir bien m'accorder quelques minutes d'attention.

Dans les canons modernes, en raison de l'excellente qualité des matières premières et grâce au frettage à chaud, la résistance transversale est telle que les exemples d'éclatement de bouches à feu en service sont excessivement rares. Il faudrait, pour qu'il y eût éclatement, que des pressions tout à fait anormales se fussent développées dans l'âme par suite d'une erreur de charge.

Le déculassement, c'est-à-dire l'arrachement de la vis de culasse avec une partie du corps en acier qui lui sert de logement, serait plutôt à redouter dans certains systèmes de bouches à feu. En effet, quelques

constructeurs n'attachent pas, à mon avis, une importance suffisante à la résistance longitudinale de la bouche à feu et, avec leurs tracés, le tube ou le manchon pourraient, après un certain nombre de coups, céder sous la pression exercée par les gaz sur la vis de culasse.

Mais le danger provient surtout des munitions et de leur manipulation. C'est donc sur ce point que doit porter principalement l'attention de l'artilleur, et c'est par des dispositifs spéciaux des mécanismes de fermeture que l'on peut obtenir la sécurité nécessaire.

Je ne parlerai, du reste, que des canons à tir rapide, pour lesquels le problème est plus complexe.

Pendant le chargement et les tirs, il peut se présenter différentes éventualités que je vais passer successivement en revue.

1° *Difficultés de chargement.* — La nécessité d'augmenter la rapidité du tir a conduit à faire le chargement en un seul temps, à l'aide d'une cartouche unique. Le projectile, la charge et son enveloppe, à l'arrière de laquelle est placée l'étoupille, sont introduits en même temps dans le canon.

Bien que les munitions soient exécutées avec le plus grand soin et vérifiées avant leur mise en service, il peut arriver que l'introduction de la cartouche dans la chambre donne lieu à des difficultés, soit qu'il se trouve un corps étranger dans l'âme, soit que, au cours des manipulations, la douille ait subi quelques déformations.

Si le servant essaie alors de fermer violemment la culasse, la douille se coince et la culasse est bloquée par son extracteur et on ne peut ni l'ouvrir ni la fermer.

Si rien n'avait été prévu, la seule ressource serait de frapper sur la culasse pour pousser la douille en place, ou d'agir avec un refouloir introduit par la bouche de la pièce, de façon à faire sortir la cartouche de la chambre.

Ces deux manières de procéder seraient, l'une et l'autre, extrêmement dangereuses.

D'une part, en frappant sur la culasse, les chocs répétés peuvent écraser l'amorce au fulminate et déterminer l'inflammation de la charge alors que la culasse n'est pas fermée.

D'autre part, en agissant avec un refouloir, on court encore risque d'écraser l'amorce contre la vis de culasse et, de plus, on peut faire éclater le projectile s'il est muni d'une fusée.

Ces deux manœuvres, également dangereuses, sont interdites par les instructions et il était nécessaire de prévoir un moyen de dégager la culasse.

L'opération est très simple. Une broche tronconique est introduite dans un trou ménagé dans la vis. Cette broche agit sur la queue de l'extracteur, qu'elle fait pivoter. L'extracteur abandonne le bourrelet de la douille et la culasse, se trouvant libre, est ouverte sans difficulté.

On fait ensuite usage d'un arrache-douille qui vient prendre appui sur la tranche arrière du canon. Au centre, se trouve un écrou dans lequel passe une vis portant deux griffes. Quand le servant agit sur l'extrémité de la vis avec un levier, les griffes viennent saisir le bourrelet

de la douille et l'extraction se fait, quel que soit le forcement, sans à-coup et, par conséquent, sans danger.

2° *Mise de feu avant que la culasse ne soit complètement fermée.* — Il pourrait arriver que, dans la précipitation du tir rapide, le servant ne fermât pas complètement la culasse et cherchât immédiatement à mettre le feu.

Dans ce cas, il se produirait encore une explosion prématurée.

Afin d'éviter tout danger, le mécanisme de mise de feu a été disposé de telle façon que le percuteur ne peut être armé que lorsque la culasse est complètement fermée.

Un trou a été ménagé sur la tranche de culasse, et pour qu'on puisse armer, il faut qu'un petit piston sur lequel agit le levier de mise de feu se trouve en face de ce trou et puisse y pénétrer, ce qui n'arrive que lorsque le vissage de la culasse est complet. Le percuteur peut alors être armé. Jusque-là le levier de mise de feu est immobilisé.

Il y a donc une impossibilité mécanique qu'il se produise une mise de feu prématurée.

3° *Détérioration de l'amorce.* — Si pendant le tir, l'amorce venait à être défoncée par les gaz de la poudre à haute pression, ces gaz pourraient passer par le canal central de la vis, et projeter à l'arrière le percuteur et les organes de mise de feu.

Pour y obvier, le percuteur porte un renflement qui forme clapet, et vient s'appuyer sur un siège tronconique ménagé dans le canal central de la vis culasse. Ce renflement forme à la fois joint et butée. Lorsque les gaz s'introduisent dans le canal central, le percuteur est retenu par la butée et il fait lui-même et immédiatement obturation complète, et empêche les gaz d'agir sur les organes de mise de feu.

4° *Longs feux.* — Avec les poudres nouvelles très lentes, il peut y avoir à craindre qu'il ne se produise un long feu, c'est-à-dire que l'inflammation de l'étoupille ne se communique pas immédiatement à la charge. Ce retard peut atteindre quelques minutes.

Dans l'animation d'un tir rapide, le servant qui agit en quelque sorte automatiquement, serait naturellement amené à ouvrir la culasse avant que le coup ne fût parti ; il se produirait alors une explosion, et la culasse étant ouverte serait projetée à l'arrière.

Pour parer à cet accident, il a été prévu une disposition automatique qui fait que la culasse est immobilisée par un verrou dès que le servant commence à agir sur la mise de feu et, tant que le départ du coup n'a pas eu lieu, la culasse ne peut s'ouvrir par les moyens ordinaires.

Le dispositif employé est le suivant :

Dès que le servant commence à agir sur le levier de mise de feu, le marteau en s'armant, agit sur un doigt qui introduit dans un logement spécial ménagé sur la vis culasse, un piston qui rend cette vis solidaire des mécanismes portés par la console en empêchant tout mouvement de rotation autour de son axe.

Lorsqu'il est complètement armé, le percuteur se déclenche et laisse le piston engagé dans le trou.

Au moment du départ du coup, le piston est entraîné par la culasse

ns son mouvement de recul, et pendant tout ce temps empêche la rotan de la vis. Dès que commence le mouvement de retour en batterie, piston, grâce à son inertie, reste en arrière et se dégage de son logent. Il reprend sa position primitive, et la vis peut alors être ouverte and on agit sur le levier de manœuvre.

En temps ordinaire, le piston est maintenu en place par un petit frein. le coup n'est pas parti — ce qui arrive en cas de long feu — la cuse ne peut être ouverte par les moyens ordinaires. Il faut, pour la dre libre, avoir recours à un appareil spécial qui, intentionnellent, ne se trouve pas sous la main du servant et que ce dernier est igé d'aller chercher dans la caisse aux armements. C'est une broche 'il faut introduire sous le piston pour le ramener en arrière et le faire tir de son logement.

Cela donne le temps de la réflexion et permet au chef de pièce d'emcher le servant d'ouvrir la culasse jusqu'au moment où l'on n'a plus raindre d'explosion.

Ce dernier appareil donne également une nouvelle sécurité contre les ses de feu prématurées, car, tant que le piston n'est pas en face de son gement, le marteau ne peut être armé.

Les explications que je viens de donner vous prouveront, je l'espère, e tout a été mis en œuvre dans mes canons soit pour rendre, par s moyens mécaniques, tout accident impossible, soit pour avertir les rvants qu'il y a un danger certain, les mettre en garde contre toute usse manœuvre, et leur fournir alors tous les instruments nécessaires ur qu'ils puissent opérer sans courir aucun risque.

On ne saurait, je crois, demander davantage au constructeur. Il y a i point où son rôle s'arrête. Il ne peut être responsable des fausses anœuvres ou de la non-observation des règlements.

En résumé, ce qui s'est produit au Hoc est purement accidentel, ainsi 'il résulte des renseignements que je vous ai donnés et ne tient, en cune façon, à une imperfection quelconque du système lui-même; le non n'a pas souffert, le logement de la vis n'a subi aucune détérioran. Il a suffi d'ajuster un autre mécanisme de culasse pour que cette me bouche à feu pût être mise en service.

Vous avez pu remarquer, Messieurs, que, parmi les accidents que nous ons passés en revue, ceux qui résulteraient des mises de feu prémarées, des détériorations d'amorces et des longs feux sont évités grâce x dispositifs dont est munie la culasse. Il n'y a qu'un seul cas dans quel le constructeur soit impuissant : ce sont les explosions de la carche provoquées par un choc sur l'amorce à percussion.

L'emploi de l'amorce au fulminate est extrêmement dangereux, car te amorce, très sensible, peut partir au moindre choc.

Les accidents qui se produisent à terre ne sont rien en comparaison ceux que les marins ont à redouter à bord. Les cartouches sont mapulées d'abord dans les soutes. Elles forment dans les monte-charges longues files. Elles sont de nouveau sujettes à des transports et à des anipulations en arrivant près des pièces et au moment du chargement.

Pendant toutes ces manœuvres, le moindre choc sur l'amorce pourit provoquer une explosion qui amènerait un désastre effrayant et

peut-être la perte du navire, si elle se produisait dans les soutes ou dans le puits du monte-charges.

Il y a là un danger permanent bien autrement grave que ceux dont je vous ai parlé à propos des canons. Mais la plupart des puissances sont accoutumées aux étoupilles à percussion et continuent à en faire usage. Dans les amorces électriques, l'inflammation est produite par l'incandescence d'un fil de platine ou par une étincelle d'induction, ce qui donne une sécurité complète au point de vue des chocs. Actuellement, après des essais qui ont duré des années, on est arrivé à assurer leur fonctionnement d'une façon absolue. J'espère donc que, dans un avenir prochain, les étoupilles à percussion auront été remplacées partout par des étoupilles électriques, malgré les frais supplémentaires qui peuvent en résulter.

Ce jour-là, la manœuvre des munitions se fera sans aucun danger; c'est un résultat qu'il faut obtenir à tout prix.

Qu'il me soit permis, en finissant, de vous parler de l'Ingénieur qui est tombé, victime de son devoir professionnel, à son poste, le premier frappé.

M. André Brindeau était entré aux Forges et Chantiers de la Méditerranée dès sa sortie de l'École Centrale. Depuis six ans, il était spécialement chargé du polygone du Hoc et de tous les essais de canons.

Il s'acquittait de ces délicates et pénibles fonctions avec un très grand dévouement; aussi avait-il acquis une expérience considérable. C'était un artilleur dans toute la force du terme : à la théorie il joignait une grande pratique.

Toujours sur la brèche, il avait pris en quelque sorte l'habitude du danger et rien ne l'effrayait.

Je perds en lui un Ingénieur distingué, un collaborateur dévoué, un camarade et un ami, et je tiens à lui rendre ici publiquement hommage.

M. le Président remercie M. Canet de son intéressante communication qui montre le soin qu'il apporte à la construction de ses canons.

M. A. Mallet, qui devait présenter une analyse d'une note de M. Henderson sur le *Tiroir Allen*, étant empêché d'assister à la séance, en a envoyé un résumé qui sera inséré au *Bulletin*.

M. F. Brard a la parole pour une communication sur les *charbonnages de Hong-Hay (Tonkin)*.

M. F. Brard dit que l'on chercherait vainement sur une carte, même sur les plus nouvelles cartes hydrographiques de la marine, la situation d'Hong-Hay qui n'a commencé à surgir de terre que fin 1888. Il fait voir, à l'aide de projections, l'aspect d'Hong-Hay lorsqu'on débouche de la baie d'Along et que l'on aperçoit l'appontement avec ses grues hydrauliques, les magasins, bureaux, maisons d'habitation, les ateliers de construction et de réparation, l'atelier de criblage, le dépôt des machines, le quai de 800 *m* et la voie ferrée qui le dessert, enfin le village sino-annamite.

M. Brard passe ensuite à l'historique d'Hong-Hay, la nécessité de verser de suite pour avoir la concession 150 000 *f*, le délai de quatre mois pour former une société et commencer les travaux. Il entre dans le détail de ces travaux où les premiers arrivés ont vécu sous la tente, ne mangeant que du riz dans un pays où il a fallu tout créer, débroussailler,

.ire des chemins provisoires, les recherches, des affleurements en même mps qu'il fallait construire des maisons pour le personnel et faire les udes définitives d'un chemin de fer desservant les endroits où l'exploition s'est définitivement concentrée ; la plus grande difficulté des déıts a consisté dans le ravitaillement des Européens et des 3000 coolies ıinois et annamites, dispersés à 10 et 20 *km* d'Hong-Hay. En octobre 1891, ı chemin de fer à voie d'un mètre à traverses métalliques de 4200 *m* : longueur était inauguré et, une année après, en octobre 1892, un ıtre chemin de fer de 11 *km* à partir d'Hong-Hay, réunissait le port embarquement au gisement d'Hatou de 40 *m* de puissance utile.

Il fait voir comment les travaux furent paralysés par les incursions :s pirates les 10 et 13 novembre 1892 qui incendièrent le village mi.er de Nagotna, habité par 2000 âmes et où résidaient les 800 coolies :cupés à la mine de Nagotna. Le but des pirates était de s'emparer de Ingénieur divisionnaire qui put échapper.

Le bassin houiller du Tonkin a été étudié par MM. Fuchs et Saladin par M. Sarran. Les recherches exécutées par la Société française des harbonnages du Tonkin ont eu lieu aux mines Marguerite, Jauréguierry, Nagotna et Hatou.

A Marguerite, couche d'un minimum de 20 *m* de puissance utile, tteignant 45 *m* entre toit et mur, très friable ; on l'abandonne.

A Jauréguiberry, la couche atteignait 22 *m* de puissance utile, charon dur, cendres 1,20 à 3,30 0/0 ; abandonné provisoirement.

A Nagotna, une douzaine de couches dont 4 ont été reconnues et sont n exploitation avec puissance utile de 1,80, 3,70, 3,80, 5,40 *m* avec 2,20 3,50 0/0 de cendres.

A Hatou, deux couches, une au mur reconnue et la seconde, couche uissante, de 30 à 40 *m* de puissance utile exploitée à ciel ouvert en même :mps que par des travaux souterrains avec teneur en cendres de 2 à ,5 0/0.

La caractéristique de ces charbons est leur faible teneur en cendres ; s sont exempts de tous filets schisteux ; les schistes des divers gîtes se ouvent en bancs distincts.

Les travaux effectués à Nagotna ont été le dépilage par tranches ininées avec remblai complet. Un puits de 132 *m* de profondeur avec m 75 de diamètre intérieur et revêtement en briques, a été foncé et muıillé sur toute sa hauteur. Le débit d'eau a varié entre 1,75 à 2 *l* par conde.

Le muraillement a été exécuté à l'aide d'un pont flottant au lieu d'un ont de service suspendu par des cordes au chevalet. Le pont était formé un cadre en charpente emprisonnant 8 bordelaises. Un travers-banc 80 *m* de profondeur a recoupé deux des couches et chacune a été mise n communication avec la superficie par deux descenderies établies dans ı couche elle-même. Les travaux extérieurs comprenaient un plan inliné bis-automoteur et les travaux intérieurs prévoyaient un plan inliné à chariot porteur dans chaque couche par étage de 40 *m*. Le puits st prévu avec une pompe Worthington pouvant refouler 10 *l* par seconde 200 *m* de hauteur.

A la mine d'Hatou, le travail se fait à découvert, lié intimement à des

travaux souterrains; divers plans automoteurs et un plan incliné à chariot porteur ramènent les bennes au niveau du couloir de décharge. Deux treuils à vapeur remontent à ce même niveau les charbons de la descenderie; l'épuisement se fait avec une pompe Worthington pouvant débiter 20 *l* par seconde à refouler à 100 *m* de hauteur.

Le matériel de mine se compose de wagonets, système Anzin, voie de 0,50 *m*, et le matériel du découvert, de verseurs Weitz et Decauville.

Les 14 *km* de voie des deux chemins de fer desservant les sièges d'extraction d'Hatou et de Nagotna sont à voie de 1 *m* entre rails d'acier de 22 *kg* par mètre courant, supportés par des traverses d'acier écartées de 0,70 *m* d'axe en axe et pesant 26 *kg* et reliées l'une à l'autre par des clavettes en acier. Il y a, pour ce service, quatre locomotives, dont une de gare et 120 wagons de deux caisses amovibles pouvant contenir 4 *t* chacune de charbon. Chaque locomotive peut remorquer sur la rampe de 17 *mm* 12 à 14 wagons, soit 96 à 112 *t* de charge utile.

L'atelier de criblage se compose de quatre cribles à secousse pouvant donner la classification de 0 à 15, 15 à 32 et supérieur à 32.

Les ateliers comprennent : forge, ajustage, chaudronnerie, atelier de charpente, le tout bien outillé.

Le travail le plus important est l'appontement qui est le mieux outillé de tout l'Extrême-Orient. La plate-forme a 80 *m* sur 16, avec une plate-forme perpendiculaire de 20 *m* sur 11 de large. L'appontement est fait en bois de Manille sur pilotis; il se compose de 234 pièces à section carrée, ayant de 0,45 *m* à 0,50 *m* de côté et 15 à 16 *m* de longueur. A marée basse, il y a un tirant d'eau de 6,30 *m*.

Les deux grues hydrauliques de chargement, pesant 7 *t* chacune, reposent sur une voie de 4 *m* avec rails de 52 *kg* et enlèvent une caisse de 4 *t* qu'elles déversent dans la cale du navire.

La force hydraulique est fournie par un accumulateur de 60 *t*; la machine est de 40 *ch* et la vapeur lui est fournie par deux chaudières à foyer intérieur. On charge normalement 1 200 *t* par jour; les navires qui viennent sont de 2 200 à 4 500 *t*.

Deux usines à briquettes transforment les produits : l'une à Hong-Kong, 80 *t* par jour, l'autre, en construction, de 75 *t*, système Couffinhal, à Hong-Hay.

Les essais ont donné, pour les briquettes, 8,500 *kg* de production de vapeur par kilogramme de briquette et une cohésion de 69 0/0.

Les ventes atteignent 95 000 *t* et dépasseront, d'ici peu, 130 000 *t*. Tout fait prévoir un grand développement commercial qui n'est qu'à son début.

M. le Président demande quelques renseignements complémentaires.

Lorsque l'on a créé ces immenses mines, qui se trouvent sur la voie maritime la plus fréquentée du monde, on a fondé les plus grandes espérances sur leur avenir, car on comptait qu'elles parviendraient à ravitailler les navires et à prendre la place des charbons de Cardiff qui doivent revenir tout rendus plus cher; pourquoi cet espoir ne s'est-il pas réalisé? Est-ce à cause de la nature du charbon qui, pendant le transport, se réduit en poussière.

M. F. Brard répond qu'en effet ce combustible doit être consommé sur place à l'état naturel, mais qu'on peut en faire des briquettes qui supportent très bien le transport. Le Ministère des Colonies a fait envoyer des échantillons d'asphalte de San-Francisco qui remplace avantageusement le brai venant d'Angleterre pour la fabrication des briquettes.

M. le Président constate qu'il ne s'agit plus d'un produit naturel, mais d'un produit manufacturé; pourra-t-il concurrencer les charbons de Cardiff ou japonais? Sur quels prix s'établit le marché? Quelle proportion de brai ou d'asphalte de San Francisco faut-il mettre dans les briquettes?

M. F. Brard estime que le prix s'établit à Hong-Kong au cours de six piastres. La piastre mexicaine a une valeur nominale de 5,40 *f*, mais actuellement elle oscille entre 2,60 *f* et 2,80 *f* et à ce sujet il expose que les industries coloniales de l'Extrême-Orient subissent actuellement une crise pénible par suite de la baisse de l'argent et que cette crise atteint surtout les produits d'exportation.

Quant à la proportion d'asphalte nécessaire, elle est d'environ 6 0/0.

Actuellement la lutte tend à s'établir entre les charbons de Hong-Hay et ceux du Japon. Ces derniers sont incontestablement meilleur marché; mais, outre qu'ils vont probablement monter, ils sont très fumeux, tandis que les briquettes de Hong-Hay ne donnent presque pas de fumée et ont une grande puissance calorifique.

M. H. Remaury désire revenir sur l'observation très importante faite par M. le Président au sujet de la matière à ajouter au charbon pour faire les briquettes, notamment au sujet de l'asphalte qu'on trouve à San Francisco. Ce produit, en effet, donne des briquettes qui, à froid, sont très dures: mais il est plus cher que le brai et, quand ces briquettes sont mises sur la grille, elles tombent en miettes et n'ont pas la cohésion qu'on obtient avec le brai. Par conséquent, on est tributaire, jusqu'à une certaine époque, du brai anglais. M. Remaury ne sait pas si on trouvera à Sumatra des matières suffisantes pour faire une grande quantité de briquettes. Il faut, par conséquent, maintenant penser au combustible japonais, qui donne 30 0/0 de matières volatiles, et qu'il faut acheter. Le combustible du Tonkin trouve donc devant lui deux obstacles, jusqu'à ce qu'on puisse exploiter les nouvelles mines qui donneront sur place les matières qui pourraient suppléer au combustible japonais et fournir du brai.

M. le Président demande où sont ces houillères et s'il y a des moyens de transport.

M. H. Remaury répond que ces mines sont au-dessus de Hanoï, mais qu'il n'y a pas encore de moyens de transport, à moins de faire un détour par le fleuve Rouge. Toutefois, on peut espérer qu'il y en aura dans un avenir assez rapproché. Au Tonkin, il n'y a pas de gros consommateurs : il n'y a que des commencements de chemin de fer et peu d'usines; par conséquent, il faut chercher à faire de l'exportation. Il y a une période de lutte qui a commencé, qui sera peut-être longue pour vaincre les combustibles anglais, japonais et ceux qui viennent d'autre

part. Dans ces pays chauds, les chauffeurs aiment un combustible qu'ils connaissent et donne peu de mal. Il y a un apprentissage à faire pour brûler ce combustible un peu dur, pour connaître la hauteur de charbon à donner et y associer des jets de vapeur ou d'air avec des ventilateurs. M. Remaury estime que l'avenir est à la consommation du combustible, tel que la nature le donne, pourvu qu'on le prépare bien. L'analyse indique une proportion de cendres beaucoup plus forte que celle énoncée dans le rapport, il est évident que par des moyens de lavage, on peut arriver à faire une certaine braisette très recherchée. A Kébao, à l'heure qu'il est, on espère vendre environ 50 000 *t* par an de braisettes, c'est-à-dire de houille lavée. Actuellement les Annamites se mettent au travail; mais il faut du temps dans une mine pour apprendre à distinguer la houille, qui est noire, du schiste qui est noir aussi. On met dans les wagons des houilles mélangées de schiste, on les envoie au broyage et il y a des déchets. Il y a des progrès à faire au point de vue de la main-d'œuvre; le rendement de la main-d'œuvre indigène est peut-être le tiers de la main-d'œuvre européenne. Combien de temps faudra-t-il associer des Européens aux Annamites? On ne peut pas le chiffrer.

M. F. Brard fait remarquer que notre Collègue a parlé surtout du charbon de Kébao, qui renferme des produits schisteux qui n'existent pas à Hong-Hay, mais cette même braisette peut se faire à Hong-Hay, c'est une question de classification sur crible. M. Brard connait bien les braisettes de Kébao; il en a vu dans une papeterie et a pu en reconnaître la bonne qualité.

M. H. Remaury a constaté que les Chinois, qui ne laissent rien traîner, viennent acheter les schlammes. Cela sera un très joli écoulement, s'ils continuent.

M. le Président demande si ces braisettes supportent le transport. Est-ce qu'elles s'émiettent en route?

M. F. Brard répond que non. La mine fournit du charbon de 35 mm qui résiste très bien.

M. J. Hebert demande si M. Brard peut chiffrer le débouché possible pour le charbon du Tonkin, aussi bien pour Hong-Hay que pour Kébao.

M. F. Brard cite les chiffres de vente des dernières années. En 1892, la Société d'Hong-Hay a vendu 18 799 *t*; en 1893, 40 496 *t*; en 1895, 85 803 *t*. On peut donc dire que cela va en augmentant. Cette année, elle atteindra 100 000 *t*.

M. G. Richard demande à appeler l'attention de la Société sur un genre d'appareils très appréciés en Allemagne et en Amérique, et qui pourraient peut-être donner un jour une solution générale de l'emploi des combustibles friables ou non. Ce sont des foyers qui marchent avec la poussière de charbon. Il en existe aujourd'hui qui fonctionnent bien, donnent une combustion parfaite et fumivore des mauvais charbons, et la dépense mécanique nécessaire pour pulvériser le charbon n'est pas très grande. Ces appareils sont économiques, marchent avec précision, et leur emploi, s'il était rendu possible à la mer, simplifierait énormément le travail des chaufferies si pénible surtout dans les mers chaudes.

Ces appareils ne sont pas encore suffisamment réduits, suffisamment étudiés pour être appliqués en grand sur les navires. Il est possible qu'on y arrive. Ce serait la solution la plus favorable à ces mines, qui n'ont pas de débouché aujourd'hui. Les Ingénieurs qui sont intéressés à la question feraient peut-être bien d'étudier ces appareils et de voir s'il n'y aurait pas moyen de les adapter à une aussi intéressante application.

M. de Carrère déclare que c'est une erreur de penser que ces mines n'auront pas un grand débouché. Les statistiques anglaises et françaises sont unanimes à reconnaître qu'entre Singapour et Shang-Hai, il est consommé 3 millions de tonnes par an, sur lesquelles il y a 1 800 000 *t* fournies par les charbons japonais. C'est cette quantité qu'ont visée les charbonnages d'Hong-Hay. Dans quelle proportion les charbons d'Hong-Hay et de Kébao peuvent-ils venir concurrencer le charbon japonais? M. Brard a dit que notre charbon est le contraire du charbon japonais, qui est gras et donne une fumée désagréable. Le charbon du Tonkin est maigre, ne donne pas de fumée et a un pouvoir calorifique considérable. Si on fait 145 000 *t* par an, on couvrira non seulement les frais, mais on paiera les dettes, le surplus sera du bénéfice. Est-il téméraire de penser que, sur 1 800 000 *t*, on n'arrivera pas à fournir 200 000 ou 300 000 tonnes?

M. Rémaury fait remarquer que la marine russe vient de commander des briquettes, pour le port de Vladivostok, à Kébao, il souhaite un égal succès aux mines d'Hong-Hay et de Kébao; mais il croit qu'il y a un vœu à émettre, c'est qu'on tâche de faire entendre aux amiraux français qu'ils feraient bien de suivre l'exemple des amiraux russes, en donnant des commandes à nos nationaux, à ceux qui ont exposé leur vie et leurs capitaux aux colonies. Jusqu'à présent, on n'a pas réussi à le leur persuader.

Personne ne demandant plus la parole, M. le Président remercie M. Brard de sa très intéressante communication ainsi que les Collègues qui ont pris part à la discussion; il termine en exprimant les vœux qu'il forme pour la réussite de ces entreprises coloniales.

M. le Président rappelle que la prochaine séance qui aura lieu dans *huit jours, le 11 décembre*, sera consacrée aux élections préparatoires; il pense que ce sera la dernière réunion que la Société tiendra dans la salle actuelle.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A. Bellanger, R.-E. Bloch, E.-T. Carter, H. Chaigneau, M. Coutant, B. de Gonda, E. Guérin, comme membres sociétaires.

MM. de Witté et le prince Chilkoff sont présentés comme membres honoraires.

MM. J.-P. Bertrand, G. Darrieus, M. Dibos, J. Van Heurn, G. Kumps, L.-G. Maris, L.-J. Marnay, A. Marx et C.-L. Pérès, sont reçus comme membres sociétaires et MM. E. Demuth, C. Guicu, E.-L. Lefranc, P.-E.-M. Millet et L.-P. Raynaud, comme membres associés.

La séance est levée à 10 heures trois quarts.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 DÉCEMBRE 1896

Présidence de M. L. Molinos, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

La Société étant réunie en Assemblée générale conformément à l'article 16 des Statuts, pour entendre le compte rendu de la situation financière, M. le Président donne la parole à M. H. Couriot, Trésorier, pour la lecture de son rapport (1).

SITUATION AU 30 NOVEMBRE 1896

Messieurs,

Le nombre des Sociétaires était au 1er décembre 1895, de. . .	2 591
Du 1er décembre 1895 au 30 novembre 1896, les admissions ont été de	248
formant un total de	2 839
dont il faut déduire par suite de décès, démissions et radiations.	115
Le total des membres de la Société au 30 novembre 1896 est ainsi de	2 724

Il a par suite augmenté de 133 pendant l'année.

Je tiens tout d'abord à constater l'importance du recrutement de la Société au cours de l'année écoulée; nous avons vu, en effet, venir à nous 248 nouveaux membres, en 1896, et un semblable résultat, obtenu par l'activité toujours en éveil de notre Président, secondé par plusieurs de nos Collègues, est d'un bon augure, au moment où notre Société transfère son siège dans un hôtel et dans une installation en rapport avec son développement et avec la place toujours grandissante qu'elle occupe dans le monde scientifique et industriel.

Je ne saurais donc remercier ici trop vivement notre Président, qui s'est multiplié pour accroître ce que votre Trésorier peut appeler le capital intellectuel de la Société représenté par ses membres, source féconde de sa richesse et de sa prospérité.

Il convient d'ajouter que l'obligeant empressement que chacun a mis, en 1896, à venir s'acquitter directement de sa cotisation, dans une année

(1) Voir, pages 757 et 758, le *Bilan* ainsi que l'*état comparatif* des exercices 1889 à 1896.

harges exceptionnelles, a eu pour effet de nous faire écono-
de 1 500 *f* durant l'exercice; c'est là un résultat appréciable
ns à remercier nos Collègues, car le dérangement qu'ils se
é nous a procuré un bénéfice représentant les cotisations de
s supplémentaires.

ıvelles exonérations sont venues grossir notre avoir : celles
Doat, A. Durœux, P.-M. Fauquier, E. Gauthey, G. Guille-
Jarre, E. Javaux, L.-M. Lambert, M. Lonquéty, P. Schneider,
ın, de Biedermann, Wiart, Poliakoff, Valentin et Brossard;
; avons recueilli des dons de MM. A. Cercelet, G. Filleul-
Gauthey, L. Gonin, A. Grosdidier, Ch. de Tscharner, E.-A.
Savornin, montant ensemble à 1 085 *f*, auxquels est venu
legs de 25 000 *f* qui nous a été fait par notre regretté Collègue
egs que la famille de ce dernier a eu la délicatesse de nous
ıns son intégralité, en prenant à sa charge la totalité des frais
on. Qu'il me soit permis de remercier, au nom de la Société,
ux bienfaiteurs en leur adressant publiquement l'expression
ofonde gratitude.

au 30 novembre, annexé à ce rapport, est le reflet de la pé-
;ransformation que nous traversons; il peut se résumer
t :

figurent :

r . . . . Fr.	6 500 »
s inaliénable	85 994,80
. . . .	2 301,83
.èque.	8 404,65
;feuille représenté par 175 obligations du Midi.	81 289 »
ırs divers (Banquiers et comptes de dépôt) . .	189 271,45
ɔtion Flachat.	32 975,52
.at d'un terrain rue Blanche et les dépenses ; à ce jour pour la construction de l'hôtel que vons édifié	819 995,80
Total de l'Actif. . . . . Fr.	1 226 733,05

.f sont portés :

.iers habituels pour impressions, etc. . . Fr.	5 176,06
ı loyer de l'hôtel, payable le 15 décembre 1896.	2 160 »
ent Flachat.	32 975,52
vers échus ou en cours.	5 311,75
runt	500 000 »
fférente aux coupons (échéant le 1er janvier 1897).	16 932,03
e secours	244,60
iers pour travaux faits dans le nouvel hôtel. .	163 762,50
r fin novembre.	500 170,59
n total égal à celui de l'actif de . . . . . Fr.	1 226 733,05

L'Avoir de notre Société à ce jour s'élève ainsi à . .	Fr.	500 170,59
alors qu'il était au 1er décembre 1895 de		473 490,04
Il a donc augmenté durant l'année de	Fr.	26 680,55

Ce qui accuse une situation toujours prospère.

Nos disponibilités au 30 novembre se décomposent comme suit :

Notre Portefeuille, valeur d'achat, figurent pour. . .	Fr.	81 289 »
Nos débiteurs divers pour		189 271,45
La caisse pour		2 301,83
Ensemble.	Fr.	272 862,28

indépendamment d'une somme de 85 994,80 *f* constituée par les valeurs affectées au service des prix décernés par la Société.

Notre hôtel représente actuellement un ensemble de dépenses engagées s'élevant (terrain compris) à 819 995,80 *f*, somme sur laquelle il reste dû, pour paiements en cours ou pour retenue de garantie, 163 762,50 *f*.

On voit que, cette dernière somme, une fois payée, nos disponibilités ne s'élèveront plus qu'à une centaine de mille francs (exactement 109 099,78 *f*), correspondant aux sommes qui peuvent encore être affectées à la construction et à l'ameublement de l'hôtel.

En ce qui concerne le service de notre Emprunt, gagé sur nos économies annuelles, on voit qu'il est absolument assuré par ces dernières, car, malgré la charge d'une année dans laquelle nos capitaux sont restés improductifs et immobilisés par la construction d'un hôtel qui n'a pu nous procurer aucun revenu par ses locations de salles, nous sommes arrivés à payer, rien que sur nos économies, 17 000 *f* environ de coupons de notre Emprunt (16 932,03 *f*) et un loyer de 9 265,80 *f* servi à la Société des Gens de Lettres pour l'occupation de l'hôtel de la cité Rougemont, c'est-à-dire que nous avons pu faire face à une charge nouvelle de 26 197,83 *f* au cours de l'exercice écoulé, alors que dans l'avenir l'intérêt de notre Emprunt de 500 000 *f* à 4 0/0, même porté à 600 000 *f* en cas de besoin, ne représentera que 24 000 *f* de service des coupons; nous pouvons donc envisager l'avenir avec confiance et attendre encore des locations de salles de notre nouvel hôtel et du recrutement de membres nouveaux des excédents de revenus qui nous permettront de rembourser notre Emprunt par anticipation.

En un mot, notre situation financière est bonne, et la vitalité toujours croissante de la Société continuera à l'améliorer dans l'avenir; un semblable résultat est dû, pour une très large part, au concours plein de dévouement et de zèle de notre Secrétaire Général, M. de Dax, et, au moment où je me vois contraint, par mes occupations qui ne me laissent plus de loisirs suffisants, de résigner les fonctions de Trésorier, je tiens à remercier ici M. de Dax de la collaboration intelligente, active et dévouée qu'il m'a donnée durant les huit années pendant lesquelles j'ai été chargé par vous de la gestion financière de notre Société. *(Applaudissements.)*

ACTIF

Mobilier . . . . Fr.			6 500 »
Fonds inaliénable :			
a. Legs Meyer (nue propriété) . . . . . . Fr.		10 000 »	
b. Legs Nozo 19 obligations du Midi		6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »		50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0		3 730 »	
e. Fondation Coignet » »		4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi .		4 857,75	
g. Don anonyme		6 750 »	
			85 994,80
Bibliothèque :			
Reliures, corps de Bibliothèque . . . . Fr.			8 404,65
Caisse :			
Solde disponible			2 301,83
Portefeuille :			
175 obligations du Midi			81 289 »
Débiteurs divers :			
Cotisations 1895 et années antérieures (après réduction de 50 0/0) . . Fr.	3 161 »	6 293 »	
Cotisations 1896	3 132 »		
Banquiers et comptes de dépôts . . . . . . Fr.		182 808,45	
Dépôts de garantie		170 »	
			189 271,45
Souscription Flachat . . . . Fr.			32 975,52
Immeuble :			
Terrain . . . . Fr.	368 479 »	398 660,30	
Frais d'achat	30 181,30		
Charpente . . . . Fr.		125 580 »	
Terrasse		10 613 »	
Maçonnerie		148 995 »	
Canalisation		3 150 »	
Couverture et plomberie		20 475 »	
Fumisterie		16 485 »	
Serrurerie		41 385 »	
Menuiserie, parquets		36 540 »	
Peinture et vitrerie		11 812,50	
Installation électrique		6 300 »	
			819 995,80
		Fr.	1 226 733,05

PASSIF

Créditeurs divers :		
Impressions, planches, croquis, divers travaux en cours, évalués à . . . . Fr.	5 176,06	
Loyer payable au 15 décembre 1896	2 160 »	
		7 336,06
Prix divers 1896 et suivants :		
a. Prix annuel . . . . Fr.	mémoire	
b. Prix Nozo	820,80	
c. Prix Giffard 1899	3 873,25	
d. Prix Michel Alcan	238,50	
e. Prix Couvreux	79,20	
f. Prix Coignet	300 »	
		5 311,75
Monument Flachat . . . . Fr.		32 975,52
Emprunt		500 000 »
Coupons (valeur afférente au premier semestre) . .		16 932,03
Fonds de secours		244,60
Immeuble :		
Solde dû aux entrepreneurs pour travaux en cours et retenue de garantie		163 762,50
	Fr.	726 562,46
Avoir de la Société		500 170,59
	Fr.	1 226 733,05

ÉTAT COMPARATIF DES EXERCICES DE 1889 A 1896

INDICATIONS	30 NOVEMBRE 1889	30 NOVEMBRE 1890	30 NOVEMBRE 1891	30 NOVEMBRE 1892	30 NOVEMBRE 1893	30 NOVEMBRE 1894	30 NOVEMBRE 1895	30 NOVEMBRE 1896
Nombre de Membres...	2 274	2 294	2 331	2 408	2 482	2 556	2 591	2 724
Membres admis pendant l'Exercice..........	142	105	142	148	143	123	123	248
Membres par catégories. honoraires......	19	25	23	22	20	20	19	19
sociétaires......	2 065	2 081	2 128	2 201	2 269	2 340	2 377	2 488
associés.........	190	188	180	185	193	196	195	222
exemptés.......	21	11	14	19	16	16	18	18
décédés.........	41	38	50	51	46	31	67	62
démissionnaires.	10	27	15	19	16	17	19	19
rayés...........	14	20	40	1	7	4	2	34
exonérés à 600 fr.	7	7	7	9	10	4	4	16
Legs et fondations....	Coignet 4 285 »	Couvreux 5 000 » Anonyme 6 750 »	»	»	Colladon 1 000 »	»	Meyer 10 000 »	Chauvel 25 156,25
Dons volontaires......	5 575 »	100 »	500 »	2 160 »	639 »	418,45	50 »	1085 »
Entrées de caisse de l'Exercice.	182 235,17	113 163,20	115 940,72	147 497,12	138 255,04	132 356,78	148 218,84	645 011,74
Sorties de caisse, y compris achat d'obligations, de l'Exercice..	166 139,41	117 025,60	99 188,35	113 302,23	112,930 36	97 810,74	124 607,60	642 709,91
Sommes réservées. Prix de la Société.	300 »	424,80	400 »	400 »	400 »	400 »	400 »	»
Prix Nozo......	863,18	829,20	283,30	546,40	820 »	273,60	547,20	820,80
Prix Giffard....	3 435,24	5 027,14	6 278,74	1890 3 768,17 1893 3 768,17	(1896) 3 657,60	(1896) 4 915,20	(1896) 6 172,80	3 873,25
Prix Michel Alcan	50 »	192,50	327,50	135 »	270 »	405 »	103,50	238,50
Prix Coignet....	»	262,50	412,50	150 »	300 »	450 »	475,20	300 »
Prix Couvreux..	»	»	149,17	307,57	158,40	316,80	150 »	79,20
Secours (legs Giffard)	522,04	302,47	603,40	264,80	221,15	2 099 »	» »	244,60
Achat d'oblig. du Midi.	9 556,40	8 557,75	5 122,51	»	»	»	» »	»
Sommes restant en caisse	21 930,60	18 068,20	16 752,37	34 194,89	25 324,68	34 546,04	23 611,24	185 110,28
Sommes restant à encaisser....	7 881 »	5 668 »	6 331 »	6 442,40	8 551,40	14 804 »	8 163 »	6 293 »
Emprunt.............	75 000 »	75 000 »	75 000 »	75 000 »	75 000 »	amorti	» »	500 000 »
Amort. d'oblig. sociales.	500 »	21 150 »	37 700 »	57 400 »	74 350 »	75 000 »	» »	»
Avoir de la Société....	398 949,01	423 865,80	433 418,75	455 501,82	481 414,12	502 158,21	473 490,04	500 170,59

M. le Président, avant de proposer l'approbation des comptes, dit 'il est certain d'être l'interprète de la Société en adressant à M. Cout ses remerciements pour le dévouement et les soins avec lesquels il ;éré les fonds de la Société pendant les huit années qui viennent de :ouler.

Il a certainement une très grande part dans les résultats financiers 'il vient d'exposer et qui nous sont pour l'avenir, un sûr garant de prospérité de la Société. *(Applaudissements répétés.)*

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes de l'exercice ›ulé.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

Il est ensuite procédé aux élections des membres du Bureau et du Coté pour l'Exercice 1897, qui donnent les résultats suivants :

BUREAU

Président : M. Lippmann, E.

Vice-Présidents :	*Secrétaires :*
M. Rey, L.	MM. Jannettaz, P.
Dumont, G.	Bert, E.
Delaunay-Belleville, L.	Baignères, G.
Badois, E.	Lavezzari, A.

Trésorier : M. de Chasseloup-Laubat, L.

COMITÉ

M. Loreau, A.	MM. Hillairet, A.
Couriot, H.	Carpentier, J.
Canet, G.	Gallois, Ch.
Bodin, P.	Richemond, E.
Forest, H.	Derennes, E.
Roger, P.-G.	Sartiaux, E.
Liébaut, A.	Mesureur, J.
Carimantrand, J.	Gruner, E.
Levassor, E.-C.	Moreau, Aug.
Regnard, P.	Baudry, Ch.
Honoré, F.	Pontzen, E.
Compère, Ch.	Simon, E.

Prix Giffard 1899.

Sujet du Concours.

Conformément au règlement, le Prix Giffard sera décerné dans la ıxième séance de juin 1899.

La valeur de ce prix, réservé aux Membres de la Société, est de 3 000 *f*.

Les Mémoires devront être déposés le 31 décembre 1898, dernier délai, au Secrétariat, 19, rue Blanche.

Le sujet du concours est le suivant :

AUTOMOBILES SUR ROUTES.

Voitures et tracteurs publics et particuliers pour la ville et la campagne.

(Voyageurs, commerce, camionnage, etc.)

Les concurrents devront commencer leur mémoire par une *Revue sommaire et critique* de l'état de la question, puis présenter la description de quelques types exécutés ou susceptibles d'exécution.

La séance est levée à minuit et demi.

CHRONIQUE

N° 204.

Les moteurs à vapeur à l'Exposition nationale suisse, à Genève *(suite et* :édé économique de dragage. — Explosions de chaudières à vapeur en Alle- :hemin de fer funiculaire en Bavière.

teurs à vapeur à l'Exposition nationale suisse, à *uite et fin).* — MM. Sulzer exposent encore divers appareils mé- ntre autres une perforatrice à colonne d'eau, système Brandt, r le percement du Simplon, des pompes centrifuges et des s, des installations frigorifiques, etc. Nous mentionnerons, ombreuses photographies que contient leur exposition, celles ı bateau à vapeur *Genève* dont le modèle à 1/50e de grandeur uve dans l'exposition de la Compagnie générale de naviga- lac Léman à laquelle ce bateau appartient. Nous donnons es dimensions principales du *Genève* comparées à celles de la *font-Blanc*), le plus grand bateau de cette Compagnie.

	Genève.	*Suisse.*
teur.	Sulzer frères	Escher Wyss et Cie
; la construction	1896	1875
r	60 » *m*	64 » *m*
. . . .	6,75	7,20
. . . .	2,75	2,60
'eau à vide.	1,38	1,35
e indiquée.	750 *ch*	750 *ch*
maximum de passagers.	1 200	1 300

ine du *Genève* est un moteur compound à deux cylindres incli- ; sa particularité la plus intéressante est que la distribution r se fait aux deux cylindres par des soupapes avec commande à n'est, du reste pas, comme on l'a dit à tort, le premier l'emploi des soupapes comme distributeurs sur les bateaux ienève, car, il y a une trentaine d'années, deux bateaux, l'*I*- tenant à la Compagnie du chemin de fer de la ligne d'Italie plon et le *Chablais*, appartenant à une société savoisienne, ; machines horizontales de construction lyonnaise munies de ı par soupapes, mais sans déclic; ces bateaux, d'une marche :t peu économique, ont disparu depuis longtemps avec les :s qui en étaient propriétaires, mais on peut encore voir leurs ʼant de pontons d'embarquement dans le port de Genève.

: *Winterthur.* — La Société bien connue dite « Société Suisse ıstruction de locomotives et de machines », à Winterthur,

n'expose, en fait de moteurs à vapeur, qu'une machine demi-fixe et une locomobile. Le catalogue porte encore, il est vrai, une machine fixe de 75 *ch*, mais celle-ci ne paraît pas avoir été installée.

La machine demi-fixe est de la force de 18 *ch*. Le générateur est une chaudière tubulaire horizontale avec enveloppe cylindrique formée de deux parties de diamètres différents ayant même axe, la plus grande contenant le foyer circulaire et l'autre les tubes. La boite à fumée descend jusqu'au sol, la sortie des produits de la combustion devant se faire par le bas dans un carneau souterrain. La machine, placée sur la chaudière, est à cylindre unique, le plateau antérieur de ce cylindre s'ajuste à un bâti à fourche portant une glissière cylindrique pour le guidage de la tête du piston. L'arbre a au milieu un coude formé par deux plateaux circulaires, il porte une poulie-volant de 1,30 *m* de diamètre à chaque extrémité. La distribution se fait par un tiroir circulaire actionné par un excentrique fixe. Un régulateur à boules à bras renversés agit sur un papillon placé sur l'enveloppe du cylindre dans une boite surmontée par deux soupapes de sûreté chargées par des poids. Il y a pour l'alimentation de la chaudière un injecteur et une pompe alimentaire actionnée par un excentrique calé sur l'arbre des volants. Le timbre est de 10 *atm*. Cette machine pèse, complète, 5 000 *kg*, la consommation est de 2 à 2,5 *kg* de charbon par cheval effectif et par heure. L'usine construit ces machines sur cinq dimensions de 5 à 30 *ch*.

La locomobile est du système compound de 20 *ch*. La machine à deux cylindres accolés est sur la chaudière type locomotive à foyer en parallélipipède; le bâti à fourche est en fer forgé et se termine par les paliers qui reçoivent l'arbre à deux coudes terminé par deux poulies-volants. La distribution se fait par des obturateurs cylindriques placés sous les cylindres, un pour chacun et recevant un mouvement d'oscillation de deux excentriques, l'un fixe pour le grand cylindre, l'autre, pour le cylindre à haute pression, à calage variable au moyen d'un régulateur placé dans un des volants. L'enveloppe des cylindres porte deux soupapes à ressort type Ramsbottom. L'alimentation de la chaudière se fait par un injecteur et par une pompe actionnée par un excentrique.

La Société de Winterthur expose encore des moteurs à pétrole de construction horizontale et verticale, de forces variées, dont une locomobile à pétrole de 8 *ch* très intéressante, des moteurs à gaz divers, dont un à gaz pauvre de 50 *ch* avec son gazogène accompagné d'une petite chaudière. Nous laisserons de côté ces appareils, mais nous ne croyons pas sortir du sujet que nous nous sommes proposé de traiter en disant quelques mots des deux belles locomotives exposées par cette Société dont la construction de ce genre de machines est, comme on sait, la principale spécialité.

L'une de ces locomotives est une machine pour service express appartenant au chemin de fer Jura-Simplon. Elle a deux essieux accouplés et un bogie à l'avant; les cylindres sont extérieurs et la distribution à coulisse Stephenson intérieure, mais les tiroirs sont placés au-dessus des cylindres avec un renvoi de mouvement dans le genre de celui des locomotives américaines. La machine exposée a un démarrage du dernier modèle de Lindner, elle est la dernière (nº 126) d'une série de vingt-six

par le constructeur au Jura-Simplon depuis 1892, et porte le o de construction 968 année 1896.

ocomotive du Gothard appartient également au système com- , mais elle est à quatre cylindres; elle est portée, par trois es- ıccouplés et un bogie à l'avant; deux petits cylindres placés à eur actionnent l'essieu accouplé d'avant qui porte un double et deux grands cylindres extérieurs attaquent l'essieu accouplé ieu. Les distributions sont du type Walschaërts. Cette machine, ııte en 1894, a fait depuis lors le service quotidien des trains ; entre Erstfeld et Chiasso et a été soumise en novembre de la année simultanément avec une autre semblable, mais ayant trois res seulement, à une série d'expériences très intéressantes sur la lu Gothard. Ces expériences ont indiqué la supériorité de la ma- à quatre cylindres et huit locomotives semblables sont actuelle- ıa construction à Winterthur pour la Compagnie du Gothard.

ıachine exposée porte le n° 202 de la classification de la Compa- , le numéro de construction 878, année 1894. Voici, réunies dans ıe tableau, les dimensions principales de ces deux locomotives.

	Jura-Simplon	Gothard
e de grille.	2,05 m^2	2,30 m^2
chauffe directe.	9,10 m^2	12,30 m^2
— tubulaire.	120 m^2	153,20 m^2
— totale	129 m^2	165,50 m^2
'e de tubes.	224 de 45	244 de 50
eur entre plaques tubulaires. . . .	3 800 *m*	4 000 *m*
; de la chaudière.	12 *atm*	14 *atm*
tre des cylindres	450 — 670	350 — 530
rt de volumes	2,22	»
des pistons	650	600
ıre des roues motrices.	1,830	1,600
— de support.	1,030	0,850
nent des essieux accouplés	2,600 *m*	3,520 *m*
— — du bogie.	2,200 *m*	1,800 *m*
— — extrêmes.	7,100 *m*	7,47 *m*
le la machine à vide	43 000 *kg*	60 000 *kg*
— — en service.	47 530 *kg*	67 000 *kg*
ıdhérent.	30 000 *kg*	45 000 *kg*
lu tender à vide	13 000 *kg*	13 500 *kg*
'isionnement d'eau.	13 000 *kg*	15 000 *kg*
— de combustible . . .	4 000 *kg*	5 000 *kg*
du tender plein	30 000 *kg*	33 500 *kg*
total du moteur	77 530 *kg*	100 500 *kg*
le traction avec coefficient 0,50 . .	4 300 *kg*	6 430 *kg*

ıis son retour de Genève, la machine 202 a été soumise à de nou- essais sur la ligne du Gothard, essais faits dans un but spécial; et 30 novembre derniers, elle a remorqué de Rothkreuz à Chiasso ır, un train de sept voitures à quatre essieux du poids de 187 *t*. e trajet s'est effectué en moyenne en 4 heures 11 minutes; la dis-

tance étant de 214 *km*, c'est une vitesse moyenne de 51 *km*. On a gagné ainsi près de 2 heures sur la durée actuelle du trajet. Cette vitesse paraîtra remarquable si on veut bien considérer que les abords du grand tunnel présentent au nord 30 et au sud 40 *km* en rampes continues de 25 et 26 millièmes, plus la section du Monte Cenere de 20 *km* de longueur où on trouve encore des rampes de 21 et 26 pour 1000 et que le reste du tracé a de fréquentes inclinaisons de 10 millièmes.

Avec le nouveau service qui pourra être organisé pour l'été de 1897, on ira de Berlin à Gênes par Francfort en 24 *h*, ce qui, pour la distance de 1 400 *km*, donnera une vitesse moyenne de 60 *km* à l'heure.

Fabrique de machines d'Oerlikon. — La fabrique d'Oerlikon, fondée il y a une vingtaine d'années et qui construisait surtout des machines-outils très appréciées, a pris une grande extension par l'addition à son champ d'activité des spécialités électriques.

Elle expose une machine à vapeur compound à pilon sans condensation donnant 100 *ch* à 250 tours, machine parfaitement exécutée, mais ne présentant rien de bien spécial, sinon quelques particularités de construction propres à l'usine. Les cylindres sont accolés avec les tiroirs cylindriques à l'extérieur au-dessus de l'arbre. Le bâti est double, mais d'une seule pièce, l'arbre a deux coudes et se termine d'un côté par une poulie-volant et de l'autre par un disque contenant un régulateur à ressort antagoniste spiral qui contrôle un excentrique commandant un tiroir cylindrique de détente placé à l'intérieur du tiroir du petit cylindre, lequel est commandé par un excentrique fixe.

Le grand tiroir qui est du côté du volant a sa tige commandée aussi par un excentrique fixe ; cet excentrique actionne également un graisseur Mollerupt pour le graissage des cylindres. Les axes d'articulation des têtes de pistons et des tiges de tiroirs sont évidés comme on a pu le voir à l'Exposition de 1889 à Paris sur des machines provenant de la même maison et qui ont été fort remarquées. Cette machine occupe 1 *m* × 2 *m* sur 2,20 *m* de hauteur; elle actionne par courroies une dynamo. La Société d'Oerlikon expose divers autres appareils intéressants sur lesquels nous reviendrons plus loin.

King et Cie, à Zürich. — La Société King et Cie à Wollishofen-Zürich, de création récente, expose une intéressante machine compound tandem à pilon, qui se rapproche, comme disposition générale, de la machine Sulzer, dont nous avons parlé précédemment, mais elle est sans condensation.

Les cylindres sont superposés. le grand en dessus. Celui-ci a un tiroir cylindrique placé en dessus de l'arbre et qui porte deux tiges qui se trouvent dans un plan perpendiculaire à l'arbre. Le petit cylindre a un distributeur à axe horizontal dont la tige parallèle à l'arbre passe entre les deux tiges de l'autre tiroir ; ces tiges sont articulées à la barre d'un excentrique fixe, tandis que la tige du distributeur à haute pression reçoit un mouvement oscillatoire de la barre d'un excentrique à rainure relié à un régulateur placé dans le volant. L'arbre porte un coude au milieu et repose de chaque côté de ce coude dans des paliers très longs dont les chapeaux sont serrés chacun par 4 boulons.

Le bâti est de forme tronconique à génératrice parabolique et évidé ur les côtés. Ce bâti porte des marches pour que le mécanicien puisse ccéder aux graisseurs placés sur le cylindre. La base circulaire du bâti environ 1,25 *m* de diamètre et la hauteur totale peut atteindre 2,50 *m*.

Fabrique de machines de Bâle. — La fabrique de machines de Bâle exose plusieurs petites machines à vapeur horizontales à un seul cylindre, résentant toutes la même disposition générale, mais de grandeurs dierses.

Le cylindre est en porte à faux à l'extrémité d'un bâti en bayonnette ı un seul palier, l'arbre étant terminé par un plateau manivelle. Il y a ın tiroir ordinaire et un tiroir de détente du système Rider, tous deux ıctionnés par des excentriques. Un régulateur genre Porter agit sur l'axe lu tiroir Rider pour faire tourner celui-ci par l'intermédiaire d'un disositif très simple, mais peu élégant.

Fabrique de machines Burckhardt, à Bâle. — La Société Burckhardt, à Bâle, expose deux compresseurs à vapeur qui nous paraissent devoir être xaminés ici, comment rentrant, jusqu'à un certain point, dans le sujet lont nous nous occupons.

Le premier de ces appareils, de la construction desquels cette fabrique 'est fait une spécialité, est un compresseur à deux étages donnant 0 m^3 par minute d'air, sous la pression de 5 *atm*, les cylindres à vapeur éveloppent pour ce travail environ 300 *ch*.

Il y a deux machines parallèles agissant chacune sur une manivelle alée à chaque extrémité de l'arbre de volant, ces manivelles étant à ngle droit, l'une par rapport à l'autre.

Chaque machine se compose d'un cylindre à vapeur dont la tige, se rolongeant, actionne le piston d'un compresseur placé derrière. Les eux cylindres à vapeur sont reliés en compound et les deux compreseurs également.

Les bâtis sont en forme de bayonnette et des glissières de forme ylindrique guident les têtes des tiges des pistons à vapeur. Il y a encore ıne glissière entre les cylindres à vapeur et les cylindres à air et une utre derrière ces derniers ; les pistons de tous les cylindres sont ainsi ıarfaitement suspendus et ne peuvent ovaliser les cylindres. Chaque ylindre à vapeur a deux tiroirs superposés, chacun commandé par un xcentrique et les compresseurs ont également un tiroir de distribution l'air actionné par un autre excentrique avec un renvoi de mouvement ıour faire passer la barre de cet excentrique en dehors de la boite à tioirs du cylindre à vapeur correspondant. Le tiroir de détente de cyindre à haute pression est du système Rider et a son axe relié au réguateur à force centrifuge.

La machine est à condensation, avec la pompe à air horizontale placée au-dessous du sol sous l'arbre et actionnée par un levier d'équerre et une bielle articulée sur un des boutons de manivelles. Les cylindres à air sont munis de la distribution à tiroir Burckhardt et Weiss avec canal de compensation faisant communiquer les espaces des deux côtés du piston, pendant un temps très court à chaque fin de course. Cette

disposition permet d'obtenir un rendement volumétrique d'au moins 90 0/0 du volume engendré par le piston.

Le second appareil donne par minute 9 200 *l* d'air comprimé à 5 *atm* et 130 tours. Il n'a qu'un cylindre à vapeur et un cylindre à air; ces cylindres sont placés parallèlement avec leur manivelle respective à chaque extrémité de l'arbre du volant, avec un calage relatif de ces manivelles choisi pour rendre sensiblement égaux les efforts tangentiels, ce qui permet de faire fonctionner le cylindre à vapeur avec une assez grande détente sans entraîner l'emploi d'un volant très lourd. Les détails de cette machine sont traités à peu près comme ceux de la précédente. Les deux appareils dont nous venons de parler étaient en fonctionnement et leur marche était excessivement régulière et absolument silencieuse. On constatait d'ailleurs ce dernier fait d'une manière remarquable sur tous les moteurs à vapeur en mouvement dans l'Exposition.

Émile Mertz, à Bâle. — M. Émile Mertz, constructeur à Bâle, exposait en mouvement une petite machine à vapeur compound, à simple effet et grande vitesse, du système Brown-Mertz. Cette machine est extrêmement intéressante et s'applique avantageusement à la commande directe des appareils tournant à un grand nombre de tours, tels que les dynamos.

Les deux cylindres, placés verticalement dans le même axe, sont superposés, le petit en dessous, leur tige commune traverse les cloisons de séparation au moyen de parties cannelées circulairement pour éviter les presse-étoupes et la tige inférieure porte une traverse guidée de chaque extrémité de laquelle descend une bielle, ces bielles s'articulent respectivement à l'extrémité du bras horizontal d'un balancier en équerre dont la branche verticale porte le pied d'une bielle, horizontale dans sa position moyenne, et dont la grosse tête embrasse le bouton d'un coude de l'arbre; les deux coudes de cet arbre sont juxtaposés et calés à 180° l'un de l'autre. De cette façon, les masses et les efforts sont équilibrés et il ne se produit ni choc ni trépidation. Tout le mouvement est renfermé dans une boîte fermée dont la partie inférieure contient un mélange d'eau et d'huile minérale dans lequel plongent les manivelles et têtes de bielles; le remous énergique qui se produit projette le liquide sur toutes les articulations et les lubrifie. La distribution de la vapeur se fait par des tiroirs cylindriques actionnés par un excentrique placé sur l'arbre. A l'extérieur de la boîte se trouve une poulie, un petit volant et un régulateur circulaire, également porté sur l'arbre et agissant sur un organe de détente placé dans le tiroir du cylindre à haute pression.

Le moteur dont nous nous occupons à une base d'à peu près 1 m^2 sur 1,50 *m* de hauteur et développe 45 *ch* à la vitesse de 425 tours par minute. Disons, en passant, que presque toutes les machines en mouvement à l'Exposition sont munies de tachymètres indiquant par un simple coup d'œil le nombre de tours qu'elles font par minute. Cette disposition est extrêmement commode pour les visiteurs qui s'intéressent à la marche des moteurs.

Les machines Mertz commencent à se répandre en Suisse : elles sont relativement simples, n'exigent aucune fondation, tiennent très peu de place et, ce qui ne gâte rien, ont une faible consommation de vapeur.

APPAREILS DE LEVAGE

A la suite des moteurs à vapeur, nous dirons quelques mots de deux ›pareils de levage intéressants.

Le premier est le grand pont roulant du hall des machines dont la ırtie métallique a été fournie par les Ateliers de construction de Vevey, la partie électrique par la Société de l'Industrie électrique, à Genève.

Le pont proprement dit est constitué par deux poutres à treillis, placées rallèlement et fortement reliées entre elles; ces poutres ont 36 *m* de ngueur et 4 *m* environ de hauteur; le plancher supérieur constitue une ate-forme qui peut recevoir 150 personnes; le dessous des poutres t à 10 *m* au-dessus du sol. Les poutres sont assemblées avec deux mbes dont le côté extérieur est vertical et le côté intérieur oblique, de anière à donner une large attache avec les poutres et à prévenir la formation, le bas des jambes, large de 6 *m* dans le sens normal aux ›utres, reçoit 4 roues de support et une roue dentée pour chaque côté. es roues roulent sur deux files de rails écartées de 34 *m* l'une de l'autre t flanquées chacune d'une crémaillère avec laquelle engrène la roue entée dont il a été question plus haut. Les treuils sont portés par un hariot roulant sur une voie placée entre les poutres, le mouvement de vage et de déplacement est commandé par des dynamos; une autre ynamo actionne un arbre horizontal, relié par des roues d'angle avec eux arbres verticaux qui commandent les roues dentées engrenant avec s crémaillères pour l'avancement de l'appareil dans le sens de la lonueur du hall des machines. Le courant nécessaire pour toutes les ıanœuvres se prend sur un conducteur en cuivre fixé aux grands piliers support du hall.

Le pont roulant peut soulever 10 à 12 *t*; il a servi au déchargement chargement des pièces des grosses machines exposées et a été affecté, ndant l'Exposition, à des promenades à la partie supérieure de la ga-ie à l'imitation de ce qui se pratiquait à l'Exposition de 1889, à Paris.

Le second appareil de levage est une grue sur rails, exposée par la ciété des ateliers d'Öerlikon. Cette grue a une volée courbe en tôle nt le pivot est sur une plate-forme où le roulement a lieu sur des les; la chaîne est mouflée et s'enroule sur un tambour actionné par ıe dynamo avec une transmission à vis sans fin. La rotation s'opère r un cercle denté sur lequel agit un pignon commandé encore par ıe dynamo; la grue est portée par un chariot à 4 roues roulant sur ils et un des essieux de ces roues est actionné par une dynamo avec ınsmission à vis sans fin. Ces transmissions à vis sans fin sont traités une manière très soignée avec les précautions que nous avons indiıées dans la chronique d'août dernier, page 331. Toutes les manœues de cet appareil, qui peut lever une charge de 9 000 *kg*, s'effectuent ı moyen de commutateurs. La prise de courant se fait par le système aret et Vuilleumier, employé au tramway de l'Avenue de la Répuique, à Paris; c'est ce système qui paraît convenir le mieux, parce ıe, d'une part, le conducteur inférieur pourrait être dangereux dans ıe carrière ou une mine et que, de l'autre, un conducteur aérien nerait la rotation de la volée de la grue.

Machines-outils

L'Exposition de Genève contient un assez grand nombre de machines-outils; nous ne signalerons, parmi elles, que quelques appareils à commande électrique, construits notamment par la Société des Ateliers d'Oerlikon.

D'abord une scie à ruban pour bois en grume, la scie a ses deux brins dans un plan vertical, les axes des poulies étant, par conséquent, horizontaux; ces axes sont portés sur un chariot qui peut se déplacer verticalement et dont le mouvement est réglé par deux crémaillères. Un des axes reçoit l'action d'une dynamo commandée par courant triphasé. On peut opérer sur des bois ayant jusqu'à 1,20 *m* de diamètre.

A côté de cette machine, se voit un appareil pour affûter les lames de scies à ruban. La scie est dans un plan horizontal et les poulies qui la portent sont, par suite, verticales; l'une des deux peut s'écarter de l'autre jusqu'à une distance maxima de 5 *m* pour s'accomoder aux différentes longueurs de lames. La commande se fait par une dynamo actionnée par courant triphasé. La meule qui sert à l'affûtage est commandée par une corde sans fin; les mouvements de l'avancement de la lame et de l'approche de la meule sont dépendants de façon que la lame soit arrêtée pendant que la meule agit et ces arrêts périodiques se font automatiquement.

Nous citerons encore une machine à tailler les dents des roues d'engrenage plans, coniques et hélicoïdaux jusqu'à 4 *m* de diamètre, commandée encore par courant triphasé, une machine à fraiser avec même commande et mouvements automatiques dans tous les sens, une machine à percer et tarauder les trous dans les foyers de locomotives, machine à colonne sur laquelle peut se déplacer verticalement le porte-outil du foret qui est horizontal ou incliné; cette machine a été étudiée avec la collaboration de M. E. Frey, Ingénieur en chef du matériel et de la traction du chemin de fer du Gothard.

Machines diverses

Dans cette catégorie, pas plus que dans la précédente, nous ne saurions avoir la prétention même de citer simplement les appareils les plus remarquables, nous nous bornerons à appeler l'attention sur deux ou trois objets. On remarque dans les moteurs hydrauliques dont il y avait une splendide collection, le nouveau régulateur de M. P. Piccard, de la maison Piccard et Pictet, de Genève, qui a fourni les dessins des turbines du Niagara. Nous avons décrit dans notre chronique de juillet 1888, page 196, un régulateur pour vannage de turbine dû à M. Piccard, et dans lequel le déplacement du vannage était opéré par un petit cylindre où l'introduction de l'eau sous pression s'effectuait par un tiroir à piston déplacé par l'effet du régulateur à force centrifuge. Cet appareil est très efficace, mais son emploi est restreint au cas d'eaux très limpides ne contenant ni sable ni vase en suspension. M. Piccard a imaginé une autre combinaison dans laquelle ce n'est plus la pression de l'eau qui agit, mais bien une force prise sur l'arbre du moteur. Celui-ci ou un arbre commandé par lui porte un excen-

trique donnant un mouvement alternatif à une pièce portant deux dents qui oscillent au-dessus de la denture d'une roue à rochet en relation avec la vanne de la turbine. Le régulateur centrifuge, qui est de très petites dimensions, agit sur la pièce qui porte les dents de manière que l'une ou l'autre entre en prise avec la roue à rochet suivant le mouvement à communiquer à la vanne. Il en résulte que le déplacement de celle-ci se trouve opéré par le moteur lui-même au moyen de l'action de l'excentrique sur la roue à rochet. Cet appareil est d'une efficacité parfaite.

Nous décrirons encore un dynamomètre de disposition nouvelle exposé par MM. J. Amsler Laffon et fils, les constructeurs bien connus d'appareils de précision, à Schaffhouse. Ce dynamomètre est destiné à mesurer le travail absorbé par les machines opératrices. Il comporte deux arbres horizontaux parallèles dont chacun porte une poulie à chacune de ses extrémités.

Appelons ces arbres A et A'; une des poulies, celle de gauche, par exemple, de l'arbre A est reliée à la poulie correspondante de l'arbre A' par un nombre plus ou moins grand, selon l'effort à transmettre, de ressorts à boudins formant cordes sans fin ; la poulie de droite de l'arbre A reçoit l'action du moteur et la poulie correspondante de l'autre arbre actionne la machine dont on veut mesurer la résistance. Les poulies reliées par la corde sans fin formant ressort varient de position suivant l'effort transmis et c'est cette variation angulaire qui est enregistrée sur un papier enroulé sur un tambour.

Dans l'impossibilité de décrire les détails de cet appareil sans le secours de figures, nous nous bornerons à dire que le tracé de la variation angulaire des poulies s'effectue par un mouvement différentiel dont le résultat est indiqué par le déplacement du crayon traceur.

Le jaugeage des ressorts s'opère très simplement au moyen d'un petit frein attaché d'un côté à un fléau de balance et, de l'autre côté, à une petite balance à ressort, la différence des lectures des deux balances donne la force de traction des courroies pour les diverses hauteurs du diagramme d'enregistrement. Le frein se met sur la poulie de droite de l'un des arbres, la poulie correspondante de l'autre étant actionnée par le moteur. On peut adapter à l'appareil un compteur totalisateur du travail mécanique effectué. On peut mesurer avec ce dynamomètre des efforts variant de 0 à 200 *kg* de force tangentielle à la poulie, la vitesse de la courroie pouvant aller jusqu'à 15 *m* par seconde, ce qui correspond à un travail maximum de 40 *ch*.

Nous citerons dans cette partie, exposés au point de vue rétrospectif, un compresseur et des perforatrices Colladon ayant servi aux travaux du tunnel du Gothard et au milieu desquels se trouve un buste de notre savant et regretté Collègue, buste auquel, par parenthèse, on aurait pu trouver une place plus apparente dans l'Exposition. Il doit d'ailleurs être installé très prochainement sur une des promenades de Genève en face de l'Université.

Métaux ouvrés

Nous terminerons cette note, déjà très longue, en appelant l'att sur l'exposition des métaux ouvrés qui contenait des produits très re quables de nature à donner une idée tout à fait favorable de l'indu métallurgique en Suisse. Nous nous bornerons à mentionner la m fique collection de fers et fontes de la Société L. de Roll qui exp entre autres établissements, le haut fourneau de Choindez, le seul existe encore en Suisse et traite les minerais du Jura Bernois; on re quait notamment les cylindres en fonte trempée pour moulins, pa ries et laminoirs, et les fontes mécaniques et de chauffage de Société. G. Fischer, de Schaffouse, exposait des aciers coulés obtenu four Martin et des fontes malléables, et l'usine de Moos, à Lucerne, aciers laminés provenant également d'un four Martin, l'usine de n ancien Collègue La Salle, à Krienz, des cuivres et laitons pour to espèce d'application et notamment pour l'électricité. Mention doit faite également de la Société pour la fabrication de l'aluminium Neuhausen qui exposait du carbure de calcium et de l'aluminium b et travaillé sous toutes les formes, entre autre un ponton pour pont bateau tout entier en ce métal, de 7 *m* de longueur sur 1,50 *m* de la et 1 *m* de creux, ne pesant que 260 *kg*.

Nous avons dû nous borner à faire un choix entre les appareils expo en en laissant de côté un très grand nombre, notamment les mote hydrauliques qui mériteraient un article spécial. Nous espérons, tou fois, que l'exposé qui précède permettra d'apprécier l'importance de partie mécanique de l'Exposition suisse de 1896.

Procédé économique de dragage. — Les journaux amé cains signalent un travail exécuté dans des conditions particulièreme économiques et d'une manière très ingénieuse. On avait besoin de cre ser une tranchée dans le fond du lac Ontario pour la pose d'une co duite d'eau de 1,83 *m* de diamètre faisant partie du réseau de distrib tion de Toronte.

N'ayant pas de drague sous la main, l'Ingénieur de la ville, M. Edwa H. Keating imagina de procéder comme suit. Un puissant remorque à deux hélices, le *Pétrel*, fut amené sur l'emplacement de la tranchée creuser et amarré par l'arrière à une forte amarre fixée à terre. Il f d'abord placé à l'extrémité opposée au bord du lac. On fit marcher l machines à toute vitesse dans le sens de la marche en avant penda dix à quinze minutes, puis, au moyen d'un treuil à vapeur halant su l'amarre, on rapprocha le remorqueur de terre, on recommença à fai fonctionner les machines et ainsi de suite jusqu'au bord et le trava était achevé.

On comprend que l'action des deux hélices tournant en sens inver produisait un puissant remous qui projetait le sable formant le fond (lac de chaque côté et amenait un approfondissement suffisant sous coque du bateau. Celui-ci tirait 14 pieds d'eau en charge et creusait sol à 2 pieds de profondeur, ce qui suffisait pour la tranchée nécessai

la pose de la conduite. L'opération a parfaitement réussi et il est cerin que tout autre moyen eût nécessité beaucoup plus de temps et une pense plus élevée. Il est à peine besoin de faire remarquer qu'il fallait ur que ce procédé donnât un résultat heureux, des conditions excepınnelles ou du moins rares de nature de fond et de profondeur, mais ınt donnée l'existence de ces conditions, cette solution peut être si.alée comme intéressante.

Explosions de chaudières à vapeur en Allemagne. — Il a eu, en 1895, en Allemagne, 22 explosions de chaudières à vapeur, squelles ont fait 74 victimes, dont 20 morts et 54 blessés; le chiffre ·vé des victimes a été principalement amené par l'explosion dans le ırt de Kiel d'une des chaudières d'un navire de guerre construit pour Chine, explosion survenue pendant les essais et qui a tué 11 hommes. De 1877 à 1894 inclusivement, il s'est produit, en Allemagne, 311 exɔsions de chaudières à vapeur, ayant fait 760 victimes, dont 246 tués 314 blessés, ce qui fait, pour la moyenne de ces 19 années, 17,3 accints par an, avec 31,1 victimes dont 13,7 tués et 17,4 blessés. On voit ıe les chiffres de l'année 1895 sont notablement supérieurs à la ɔyenne, pour la cause indiquée plus haut, au moins en ce qui conrne le nombre des personnes atteintes.

Nous profiterons de cette occasion pour faire remarquer que les ta-ɜaux donnant les explosions de chaudières publiés par l'administran allemande, sont plus complets et présentés d'une manière plus .ire que les documents fournis en France sur le même sujet. Les ta-·aux allemands ont 13 colonnes contenant les renseignements suints dans l'ordre indiqué :

1. Date, année, mois, jour et heure si possible;
2. Renseignements relatifs à la localité et à l'industrie pour laquelle ıit employé le générateur;
3. Fournisseur de la chaudière et date de la construction;
4. Système de chaudière, principales dimensions et matériaux em-›yés;
5. Système de chauffage, surface de grille et combustible employé;
6. Époques de nettoyage périodique et date du dernier nettoyage;
7. Mode d'alimentation et renseignements sur la nature de l'eau em-›yée;
8. Réparations effectuées successivement;
9. Indication des visites effectuées et date de la dernière visite;
10. Circonstances qui ont précédé l'explosion;
11. Nature de l'explosion et ses conséquences;
12. Causes présumées de l'explosion;
13. Nombre de personnes atteintes et décomposition en tués et blessés, ec détails s'il y a lieu.

On trouvera peut-être cette classification un peu trop détaillée, mais semble que, pour des questions de ce genre, on ne peut se plaindre ıvoir trop de renseignements, et ces tableaux ont l'avantage de tenir esque lieu pour chaque accident d'un procès-verbal complet.

Chemin de fer funiculaire en Bavière. — L'intéressante publication dirigée par notre Collègue M. Ziffer, les *Mittheilungen des Vereines für die Forderung der Local und Strassenbahnen*, donne, d'après la *Uhland's Verkehrszeitung*, des renseignements sur le premier chemin de fer funiculaire établi en Bavière, renseignements que nous résumons ci-après.

L'été dernier a été ouvert un funiculaire situé sur le bord du lac de Starnberg et reliant l'hôtel Leoni à l'hôtel Rottmannshohe établi sur une hauteur voisine. Ces hôtels sont extrêmement fréquentés dans la belle saison, et un moyen de communication plus commode qu'un sentier de piétons était de première utilité. L'installation a été faite par la Fabrique de Machines d'Esslingen qui en a déjà établi un grand nombre.

Le tracé part du bord du lac près du débarcadère des bateaux à vapeur; il commence par une rampe variant de 19 à 21 0/0, puis dévie par une courbe de 300 *m* de rayon avec une inclinaison décroissante qui finit par s'abaisser à 2 1/2 0/0 et reprend en arrivant vers le haut une inclinaison plus forte qui arrive à 13 0/0 au sommet; les inclinaisons différentes sont reliées par des courbes dont le rayon vertical est de 1 000 *m*. La différence de niveau entre les extrémités est de 140 *m* et la longueur du tracé d'un kilomètre, ce qui donnerait une rampe moyenne de 14 0/0. A la station inférieure est une salle d'attente et une chambre pour la poulie du bas. A la station supérieure se trouvent les mêmes installations plus le local de la machine à vapeur de 50 *ch* pour laquelle il n'y avait pas de place en bas, la pente la colline commençant immédiatement au bord du lac.

L'écartement est de 1 *m*, la voie est unique avec un croisement au milieu de 93 *m* de longueur où la voie est double, il n'y a pas de pièce mobile dans le croisement, le rail extérieur est continu et le rail intérieur est interrompu à sa jonction avec le rail extérieur; pour que les roues puissent passer, les roues extérieures ont deux boudins tandis que les roues intérieures n'en ont aucun, celles-ci roulent donc sans difficulté sur le croisement des rails (1).

Il y a deux voitures à 30 places chacune dont 16 assises et 14 debout: ces voitures pèsent vides 4 500 *kg* et, chargées complètement, 6 750 *kg*: elles sont attachées au même câble qui est sans fin, s'enroule à la partie supérieure sur le tambour actionné par le moteur et à la partie inférieure sur une poulie avec chariot de tension.

Le câble a 30 *mm* de diamètre, il est supporté par 164 poulies placées entre les rails et peut supporter un effort de 38 *t*; il ne travaille, en moyenne, qu'au dixième de cette charge. Les rails de 130 *mm* de hauteur sont fixés par des tire-fonds sur des traverses métalliques, la plateforme a 2,20 *m* de longueur et est constituée par du béton ou par le rocher naturel pour l'attache des traverses. Le funiculaire est muni, dit le texte allemand, de plusieurs freins de sûreté, sur la nature desquels il ne s'explique pas, ainsi il n'est pas fait mention de la présence de

(1) Cette disposition n'est pas nouvelle. Elle a été employée notamment au funiculaire de Thonon, au bord du lac de Genève, qui a été établi en 1888 et dont nous avons parlé dans la Chronique de juillet 1888, page 199.

crémaillère, de sorte qu'on peut supposer qu'il y a des freins qui serrent les rails dans des machines, comme au Stanserhorn, dont nous avons parlé dans la Chronique de janvier 1894, page 117. La vitesse étant de 1,50 *m* par seconde, le trajet s'effectue en moins d'un quart d'heure. Le journal allemand ajoute que ce funiculaire présente une particularité intéressante, c'est qu'il est le meilleur marché des chemins de fer de montagnes, *die billigste unter der Bergbahnen;* en effet, le prix pour la montée n'est que de 30 pfennig et pour la descente de 10, soit 37 1/2 et 12 1/2 centimes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1896.

Recherches sur la fusibilité des alliages métalliques, par M. H. Gautier, docteur ès sciences.

L'auteur a opéré sur un très grand nombre d'alliages dont il a mesuré la température de solidification au moyen du couple thermo-électrique, de M. Le Chatelier. Nous nous bornerons à indiquer les conclusions les plus importantes de ce travail considérable effectué pour la Commission des alliages, instituée par la Société d'Encouragement.

Les alliages ne ressemblent nullement à des verres, ainsi qu'on l'a avancé quelquefois. Ce sont des corps cristallisés, tantôt formés par la juxtaposition des cristaux des métaux constituants, tantôt par celle des cristaux de l'un de ces métaux avec une combinaison définie. D'autres enfin seraient constitués par des mélanges isomorphes, soit que les métaux considérés soient réellement isomorphes, soit qu'ils forment des combinaisons isomorphes avec l'un d'eux. Le plus souvent l'addition d'une petite quantité d'un métal à un autre plus fusible abaisse le point de fusion de ce dernier; il n'y a que de rares exceptions à cette règle. Presque toujours le point de fusion d'un alliage est inférieur à celui du moins fusible des deux métaux composants.

La solidification d'un alliage commence toujours à la même température pour une composition déterminée, mais la température ne reste pas constante pendant toute la durée de la solidification, par suite de dépôts qui se produisent et amènent des variations de composition de la partie encore liquide.

Toutefois la solidification a lieu à température constante dans le cas d'alliages dont la composition correspond à une combinaison définie, et dans celui où sa composition correspond à un point anguleux de la courbe de fusibilité, ce qu'on appelle un alliage entectique.

Les mélanges isomorphes se solidifient tantôt à température constante, tantôt à température progressivement décroissante.

Enfin, si certains alliages présentent une structure cristalline reconnaissable, soit immédiatement par la cassure, soit par le polissage suivi d'une attaque par des réactifs appropriés, les alliages entectiques ou les alliages isomorphes présentent des cristaux d'une ténuité extrême et ont leur cassure d'un aspect qui la fait ressembler à celle d'une masse vitreuse.

Roues et turbines à vapeur, par M. K. Sosnowski *(suite)*.

L'auteur continue son étude par la description d'appareils proposés ou exécutés de 1864 à 1892.

Les briques de pavage aux États-Unis. — Depuis la première application du pavage en briques, fait en 1870 à Charleston, ce système s'est beaucoup répandu aux États-Unis. Ainsi, dans vingt-deux villes de cette contrée, la superficie des rues se divise en 24 0/0 d'asphalte, 32 de macadam et 44 de briques. La fabrication de ces produits occupe 175 fabriques dont quelques-unes font jusqu'à 100 millions de briques par an. La note entre dans des détails circonstanciés sur la fabrication des briques et les essais qu'on fait pour apprécier leurs qualités. Le pavage en briques peut supporter le roulage le plus lourd et le plus actif, et a une durée satisfaisante, si l'on ne regarde pas au prix, soit pour les briques, soit pour la plate-forme.

Recherches sur **les propriétés explosives de l'acétylène,** par MM. Berthelot et Vielle (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Notes de mécanique, par M. G. Richard.

Nous citerons dans ces notes les descriptions d'une presse à emboutir de Stiles, de l'emploi des sous-presses pour le découpage des pièces d'horlogerie, très employées aux États-Unis; du pivot à billes de Greenleaf, pour plaques tournantes, de la soupape de prise de vapeur, Floron et Anderson, qui peut se mouvoir d'un point quelconque du navire en cas de rupture de conduite de vapeur dans la chambre de chauffe; les régulateurs directs Robinson; une note de M. Thurston sur le rendement de la machine à vapeur, et enfin une étude sur l'historique des transmissions funiculaires.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Aout 1896.

Paroles prononcées le 31 août 1896 aux obsèques de M. Pascal, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Guerard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Etude sur **la prévision des crues de l'Yonne, du Serein et de l'Armançon,** par M. P. Breuillé, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette note est de faire connaitre les recherches qui ont amené l'auteur à établir : 1° un procédé graphique pour la prévision d'une crue à une station, d'après les observations d'une station d'amont, lorsque le cours d'eau ne reçoit pas d'affluent important entre ces deux points, et 2° des formules permettant de prévoir les crues à l'aval des confluents, d'après les cotes observées sur les affluents. Ces méthodes peuvent être utilement combinées pour les prévisions à faire sur un ensemble de cours d'eau. Elles permettent de donner à chaque point

MÉTAUX OUVRÉS

Nous terminerons cette note, déjà très longue, en appelant l'attention sur l'exposition des métaux ouvrés qui contenait des produits très remarquables de nature à donner une idée tout à fait favorable de l'industrie métallurgique en Suisse. Nous nous bornerons à mentionner la magnifique collection de fers et fontes de la Société L. de Roll qui exploite, entre autres établissements, le haut fourneau de Choindez, le seul qui existe encore en Suisse et traite les minerais du Jura Bernois; on remarquait notamment les cylindres en fonte trempée pour moulins, papeteries et laminoirs, et les fontes mécaniques et de chauffage de cette Société. G. Fischer, de Schaffouse, exposait des aciers coulés obtenus au four Martin et des fontes malléables, et l'usine de Moos, à Lucerne, des aciers laminés provenant également d'un four Martin, l'usine de notre ancien Collègue La Salle, à Krienz, des cuivres et laitons pour toute espèce d'application et notamment pour l'électricité. Mention doit être faite également de la Société pour la fabrication de l'aluminium à Neuhausen qui exposait du carbure de calcium et de l'aluminium brut et travaillé sous toutes les formes, entre autre un ponton pour pont de bateau tout entier en ce métal, de 7 *m* de longueur sur 1,50 *m* de large et 1 *m* de creux, ne pesant que 260 *kg*.

Nous avons dû nous borner à faire un choix entre les appareils exposés en en laissant de côté un très grand nombre, notamment les moteurs hydrauliques qui mériteraient un article spécial. Nous espérons, toutefois, que l'exposé qui précède permettra d'apprécier l'importance de la partie mécanique de l'Exposition suisse de 1896.

Procédé économique de dragage. — Les journaux américains signalent un travail exécuté dans des conditions particulièrement économiques et d'une manière très ingénieuse. On avait besoin de creuser une tranchée dans le fond du lac Ontario pour la pose d'une conduite d'eau de 1,83 *m* de diamètre faisant partie du réseau de distribution de Toronte.

N'ayant pas de drague sous la main, l'Ingénieur de la ville, M. Edward H. Keating imagina de procéder comme suit. Un puissant remorqueur à deux hélices, le *Pétrel*, fut amené sur l'emplacement de la tranchée à creuser et amarré par l'arrière à une forte amarre fixée à terre. Il fut d'abord placé à l'extrémité opposée au bord du lac. On fit marcher les machines à toute vitesse dans le sens de la marche en avant pendant dix à quinze minutes, puis, au moyen d'un treuil à vapeur halant sur l'amarre, on rapprocha le remorqueur de terre, on recommença à faire fonctionner les machines et ainsi de suite jusqu'au bord et le travail était achevé.

On comprend que l'action des deux hélices tournant en sens inverse produisait un puissant remou qui projetait le sable formant le fond du lac de chaque côté et amenait un approfondissement suffisant sous la coque du bateau. Celui-ci tirait 14 pieds d'eau en charge et creusait le sol à 2 pieds de profondeur, ce qui suffisait pour la tranchée nécessaire

à la pose de la conduite. L'opération a parfaitement réussi et il est certain que tout autre moyen eût nécessité beaucoup plus de temps et une dépense plus élevée. Il est à peine besoin de faire remarquer qu'il fallait pour que ce procédé donnât un résultat heureux, des conditions exceptionnelles ou du moins rares de nature de fond et de profondeur, mais étant donnée l'existence de ces conditions, cette solution peut être signalée comme intéressante.

Explosions de chaudières à vapeur en Allemagne. — Il y a eu, en 1895, en Allemagne, 22 explosions de chaudières à vapeur, lesquelles ont fait 74 victimes, dont 20 morts et 54 blessés; le chiffre élevé des victimes a été principalement amené par l'explosion dans le port de Kiel d'une des chaudières d'un navire de guerre construit pour la Chine, explosion survenue pendant les essais et qui a tué 11 hommes.

De 1877 à 1894 inclusivement, il s'est produit, en Allemagne, 311 explosions de chaudières à vapeur, ayant fait 760 victimes, dont 246 tués et 314 blessés, ce qui fait, pour la moyenne de ces 19 années, 17,3 accidents par an, avec 31,1 victimes dont 13,7 tués et 17,4 blessés. On voit que les chiffres de l'année 1895 sont notablement supérieurs à la moyenne, pour la cause indiquée plus haut, au moins en ce qui concerne le nombre des personnes atteintes.

Nous profiterons de cette occasion pour faire remarquer que les tableaux donnant les explosions de chaudières publiés par l'administration allemande, sont plus complets et présentés d'une manière plus claire que les documents fournis en France sur le même sujet. Les tableaux allemands ont 13 colonnes contenant les renseignements suivants dans l'ordre indiqué :

1. Date, année, mois, jour et heure si possible;
2. Renseignements relatifs à la localité et à l'industrie pour laquelle était employé le générateur;
3. Fournisseur de la chaudière et date de la construction;
4. Système de chaudière, principales dimensions et matériaux employés;
5. Système de chauffage, surface de grille et combustible employé;
6. Époques de nettoyage périodique et date du dernier nettoyage;
7. Mode d'alimentation et renseignements sur la nature de l'eau employée;
8. Réparations effectuées successivement;
9. Indication des visites effectuées et date de la dernière visite;
10. Circonstances qui ont précédé l'explosion;
11. Nature de l'explosion et ses conséquences;
12. Causes présumées de l'explosion;
13. Nombre de personnes atteintes et décomposition en tués et blessés, avec détails s'il y a lieu.

On trouvera peut-être cette classification un peu trop détaillée, mais il semble que, pour des questions de ce genre, on ne peut se plaindre d'avoir trop de renseignements, et ces tableaux ont l'avantage de tenir presque lieu pour chaque accident d'un procès-verbal complet.

notable, 13 0/0 en vapeur, mais assez faible, 5 0/0 seulement, en combustible. Cette différence tenait à ce que le surchauffeur employé, par sa construction même, utilisait mal la houille. On a appliqué des surchauffeurs Schwoerer avec lesquels on a fait les nouvelles expériences.

On a trouvé pour un travail indiqué total de 800 *ch* et une surchauffe de 80 à 100°, une consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure de 5,95 *kg* sans surchauffe et de 5,43 *kg* et 5,07 *kg* avec surchauffe, soit une économie de 8,7 et 14,8 0/0.

L'économie en charbon a été trouvée de 15,4 et 18,5 0/0.

Les auteurs concluent de ces essais que la surchauffe, appliquée dans de bonnes conditions, donne toujours de l'économie, même avec les moteurs les plus perfectionnés et avec les pressions élevées dont l'emploi se généralise de plus en plus; toutefois, l'économie réalisable sur la machine elle-même est d'autant moindre que le moteur est meilleur. De plus, le fait de l'économie étant acquis, il y a à examiner dans quelle mesure l'intérêt et l'amortissement des dépenses d'installation et la plus-value des frais de graissage et d'entretien réduisent le bénéfice réalisé par la surchauffe, d'autant plus qu'on n'a encore que des données très insuffisantes sur la question de la durée des surchauffeurs.

MM. Walther-Meunier et Ludwig appellent l'attention sur un point très important, c'est que l'emploi de la surchauffe modifie notablement la répartition du travail entre les cylindres; ainsi, dans l'essai de 1896, sans surchauffe, le petit cylindre donnait un travail de 100 *ch*, le cylindre intermédiaire de 32 *ch* et le cylindre à basse pression de 80 *ch*, tandis qu'avec la surchauffe, pour le même travail total, le petit cylindre donnant encore 100 *ch*, le second donnait 24 *ch* et le troisième seulement 66 *ch*. Il en résulte que, le petit cylindre actionnant une manivelle et les deux autres disposés en tandem on a, sans surchauffe, 100 *ch* d'un côté et 112 *ch* de l'autre, tandis qu'avec la surchauffe, la répartition devient 100 *ch* et 90 *ch*; le petit cylindre arrive alors à faire plus de la moitié de la puissance totale du moteur, ce qui peut avoir des inconvénients au point de vue de l'usure de ses organes. Il serait à désirer qu'on obtînt une répartition plus égale de ces efforts.

Note sur **une nouvelle méthode de gaufrage** sur velours de coton, par M. Knoop.

Cette méthode est basée sur l'emploi de la soude caustique qui affaiblit le tissu par son contact. On imprime sur le tissu avec de la soude caustique épaissie à la dextrine; les fibres qui ont subi le contact se cassent et sont enlevées par un brossage. On lave ensuite et on redresse le poil.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

LIVRAISON DU 25 JANVIER 1896.

Séance du 12 novembre 1895.

Discussion sur les travaux du port d'Ymuiden. — Considérations sur les courants marins et leur effet sur le déplacement des sables aux embouchures des rivières et des ports. Description du port de pêche établi en cet endroit.

Communication de M. ALPHAERTS sur le Congrès pour l'unification des méthodes d'essai de la résistance des matériaux de construction, tenu à Zürich en septembre 1895 (notamment les questions relatives aux aciers et ciments).

Communication sur les conduites de drainage pour les distributions d'eau d'Amsterdam, par H. VAN HASSEES. — Beaucoup de villes de Hollande reçoivent leurs eaux potables de conduites de drainage établies le plus souvent dans les dunes. Ce sont ou des tuyaux clos posés à grands frais à une profondeur plus ou moins grande au-dessous du sol ou des canaux découverts. Les deux systèmes ont leurs partisans et leurs adversaires. La communication de M. Van Hassees a donné lieu à des rapports sur des expériences faites en divers endroits et à une discussion qui a occupé plusieurs séances consécutives.

LIVRAISON DU 25 AVRIL 1896.

Vaporisation dans les chaudières, par M. ELINK STERK. — Il s'agit d'une critique d'un exposé de M. Huet et d'une comparaison entre la théorie et les résultats donnés par l'expérience.

Forme et origine des lignes de marées, par M. F. H. L. ORTT. — L'auteur donne comme conclusion de son savant travail que chaque mer présente des systèmes de ligne de marées propres et que l'étude doit être faite séparément pour chacune.

LIVRAISON DU 3 JUIN 1896.

Séance du 14 avril 1896.

Communication de M. VAN GEER sur le Congrès pour l'instruction technique de l'ouvrier et l'apprentissage, tenu à Haarlem le 4 avril 1896.

Communication de M. HUET sur les roues inclinées à palettes pour l'épuisement artificiel des polders.

Description d'une drague, système Bunau-Varilla, par M. KEURENAER. — Dans cet appareil, le mouvement est transmis à la drague par un conducteur électrique amenant le courant d'une station fixe; la puissance

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1896.

Recherches sur la fusibilité des alliages métalliques, par M. H. Gautier, docteur ès sciences.

L'auteur a opéré sur un très grand nombre d'alliages dont il a mesuré la température de solidification au moyen du couple thermo-électrique de M. Le Chatelier. Nous nous bornerons à indiquer les conclusions les plus importantes de ce travail considérable effectué pour la Commission des alliages, instituée par la Société d'Encouragement.

Les alliages ne ressemblent nullement à des verres, ainsi qu'on l'a avancé quelquefois. Ce sont des corps cristallisés, tantôt formés par la juxtaposition des cristaux des métaux constituants, tantôt par celle des cristaux de l'un de ces métaux avec une combinaison définie. D'autres enfin seraient constitués par des mélanges isomorphes, soit que les métaux considérés soient réellement isomorphes, soit qu'ils forment des combinaisons isomorphes avec l'un d'eux. Le plus souvent l'addition d'une petite quantité d'un métal à un autre plus fusible abaisse le point de fusion de ce dernier; il n'y a que de rares exceptions à cette règle. Presque toujours le point de fusion d'un alliage est inférieur à celui du moins fusible des deux métaux composants.

La solidification d'un alliage commence toujours à la même température pour une composition déterminée, mais la température ne reste pas constante pendant toute la durée de la solidification, par suite de dépôts qui se produisent et amènent des variations de composition de la partie encore liquide.

Toutefois la solidification a lieu à température constante dans le cas d'alliages dont la composition correspond à une combinaison définie, et dans celui où sa composition correspond à un point anguleux de la courbe de fusibilité, ce qu'on appelle un alliage entectique.

Les mélanges isomorphes se solidifient tantôt à température constante, tantôt à température progressivement décroissante.

Enfin, si certains alliages présentent une structure cristalline reconnaissable, soit immédiatement par la cassure, soit par le polissage suivi d'une attaque par des réactifs appropriés, les alliages entectiques ou les alliages isomorphes présentent des cristaux d'une ténuité extrême et ont leur cassure d'un aspect qui la fait ressembler à celle d'une masse vitreuse.

Roues et turbines à vapeur, par M. K. Sosnowski (*suite*).

L'auteur continue son étude par la description d'appareils proposés ou exécutés de 1864 à 1892.

Les briques de pavage aux États-Unis. — Depuis la première application du pavage en briques, fait en 1870 à Charleston, ce système s'est beaucoup répandu aux États-Unis. Ainsi, dans vingt-deux villes de cette contrée, la superficie des rues se divise en 24 0/0 d'asphalte, 32 de macadam et 44 de briques. La fabrication de ces produits occupe 175 fabriques dont quelques-unes font jusqu'à 100 millions de briques par an. La note entre dans des détails circonstanciés sur la fabrication des briques et les essais qu'on fait pour apprécier leurs qualités. Le pavage en briques peut supporter le roulage le plus lourd et le plus actif, et a une durée satisfaisante, si l'on ne regarde pas au prix, soit pour les briques, soit pour la plate-forme.

Recherches sur **les propriétés explosives de l'acétylène,** par MM. Berthelot et Vieille (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*).

Notes de mécanique, par M. G. Richard.

Nous citerons dans ces notes les descriptions d'une presse à emboutir de Stiles, de l'emploi des sous-presses pour le découpage des pièces d'horlogerie, très employées aux États-Unis; du pivot à billes de Greenleaf, pour plaques tournantes, de la soupape de prise de vapeur, Cloron et Anderson, qui peut se mouvoir d'un point quelconque du navire en cas de rupture de conduite de vapeur dans la chambre de chauffe; les régulateurs directs Robinson; une note de M. Thurston sur le rendement de la machine à vapeur, et enfin une étude sur l'historique des transmissions funiculaires.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Août 1896.

Paroles prononcées le 31 août 1896 aux obsèques de M. Pascal, inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. Guérard, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Étude sur **la prévision des crues de l'Yonne, du Serein et de l'Armançon,** par M. P. Breuillé, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette note est de faire connaître les recherches qui ont amené l'auteur à établir : 1° un procédé graphique pour la prévision d'une crue à une station, d'après les observations d'une station d'amont, lorsque le cours d'eau ne reçoit pas d'affluent important entre ces deux points, et 2° des formules permettant de prévoir les crues à l'aval des confluents, d'après les cotes observées sur les affluents. Ces méthodes peuvent être utilement combinées pour les prévisions à faire sur un ensemble de cours d'eau. Elles permettent de donner à chaque point

une cote approchée établie simplement d'après des observations faites en amont ou d'après les prévisions obtenues par des formules pour tous les points situés en aval d'un confluent. Dans tous les cas, un système de prévision peut être organisé, tout d'abord, avec les observations d'une ou deux crues, puis amélioré, en tenant compte des nouvelles observations.

Note sur **le prix de revient du cylindrage à vapeur,** par M. L. Pierret, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Après une étude détaillée du prix de revient du cylindrage dont les éléments sont : 1° la consommation de la machine, 2° le salaire du mécanicien, 3° les réparations, et 4° l'intérêt et l'amortissement du prix d'acquisition, l'auteur arrive à conclure qu'avec la substitution de l'entreprise à la régie, le prix de revient de la tonne kilométrique qui est en moyenne de 0,14 *f* avec des rouleaux de 19 *t*, diminuerait de 1 centime environ; cette économie insignifiante est largement compensée par les autres avantages que procure la régie, aussi l'auteur la croit, avec un personnel intelligent, préférable à l'entreprise.

Essais de divers sables pour mortiers, par M. R. Feret, Chef du laboratoire des Ponts et Chaussées de Boulogne-sur-Mer.

Les essais qui font l'objet de cette note sont relatifs à la détermination de la meilleure proportion de ciment à employer avec un sable donné et au choix à faire entre plusieurs sables; ce sont, dans l'espèce, des essais de compacité et de résistance, ils portent sur sept sables de diverses provenances pour le service des travaux du port du Havre.

ANNALES DES MINES

9e livraison de 1896.

Théorie de la stabilité des locomotives. — Mouvement de lacet, par M. Nadal, Ingénieur des Mines.

Cette dernière partie du mémoire de M. Nadal (voir pour les précédentes les comptes rendus dans les *Bulletins* de juillet, page 163, et d'octobre, page 589), traite de la circulation en courbe et des circonstances qui en résultent, mouvement de lacet, de l'action du tender et du train sur le mouvement de la locomotive, de la circulation en courbe de machines pourvues d'attelages convergents; l'auteur donne ensuite une étude cinématique des attelages convergents et conclut de cette étude que l'influence de l'attelage convergent est à peu près identique à celle de l'accouplement ordinaire lorsque celui-ci est bien serré. L'un et l'autre tendent à diminuer la déviation de la locomotive, tant en alignement qu'en courbe et, par suite, à atténuer en alignement le mouvement de lacet et, en courbe, la poussée radiale.

Le dernier chapitre est consacré à l'application de l'étude du mouve-
nent de lacet à une locomotive à voyageurs à deux essieux accouplés et
eux essieux porteurs, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière et à une compa-
ıison raisonnée entre quelques types de locomotives. La conclusion
:t qu'avec les charges actuelles des trains, les locomotives actuelles
:uvent réaliser des vitesses moyennes comprises entre 100 et 120 *km* à
ıeure et que la traction par l'électricité, avec conducteurs placés le
ng des voies permettra seule, si toutefois elle peut jamais être appli-
ıée, de reculer ces limites.

Sur un mode particulier d'**avaries le long des rivures de ıaudières**, par M. C. Walckenaer, Ingénieur des Mines, secrétaire : la Commission centrale des machines à vapeur.

Dans quelques accidents par suite de déchirures longitudinales, on a nstaté que la déchirure des tôles s'était produite suivant une ligne :uée, non dans la ligne des rivets mais entre les trous de rivets et la gne d'appui du matage de l'autre tôle. Ces faits se sont produits notam- ent à Roubaix, à Boulogne-sur-Seine et à Quincy.

Dans tous ces cas, il s'agissait de tôles de mauvaise qualité, ayant ɜs propriétés mécaniques très inégales dans les deux sens et manquant : ductilité et de flexibilité dans le sens transversal. Le cintrage fait ıns ce sens fatigue déjà la tôle et le chanfreinage et le matage, faits op souvent d'une façon vicieuse amènent un commencement de fissura- on de la tôle intérieure. Les criques s'aggravent peu à peu par l'effet es flexions auxquelles est sujet le voisinage des rivures et par celui es contractions et dilatations inégales qui se font sentir surtout sur les ouilleurs. Ces effets sont plus ou moins longs à se produire suivant les ıs. Ainsi, à Boulogne, la chaudière a sauté huit ans après sa mise en ɜrvice, à Quincy trois ans seulement.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin d'octobre 1896.

Notice nécrologique sur M. Jean Schmerber, par MM. Th. Schlum- ıerger et Walther-Meunier.

Essais de consommation sur une batterie de chaudières semi- ıbulaires et sur une machine à triple expansion **avec et sans sur- hauffe**, par MM. Walther-Meunier et Ludwig.

Ces essais ont été faits sur des moteurs installés aux filatures et tis- ges de la Cité, à Mulhouse. Il y a 4 générateurs semi-tubulaires de ɔ0 m^2 de surface de chauffe chacun fournissant de la vapeur à 12 *kg* et imentant une machine à triple expansion. Une première série d'essais ait été faite en 1895 et avait donné pou la surchauffe une économie

notable, 13 0/0 en vapeur, mais assez faible, 5 0/0 seulement, en combustible. Cette différence tenait à ce que le surchauffeur employé, par sa construction même, utilisait mal la houille. On a appliqué des surchauffeurs Schwoerer avec lesquels on a fait les nouvelles expériences.

On a trouvé pour un travail indiqué total de 800 *ch* et une surchauffe de 80 à 100°, une consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure de 5,95 *kg* sans surchauffe et de 5,43 *kg* et 5,07 *kg* avec surchauffe, une économie de 8,7 et 14,8 0/0.

L'économie en charbon a été trouvée de 15,4 et 18,5 0/0.

Les auteurs concluent de ces essais que la surchauffe, appliquée dans de bonnes conditions, donne toujours de l'économie, même avec les moteurs les plus perfectionnés et avec les pressions élevées dont l'emploi se généralise de plus en plus; toutefois, l'économie réalisable sur la machine elle-même est d'autant moindre que le moteur est meilleur. De plus, le fait de l'économie étant acquis, il y a à examiner dans quelle mesure l'intérêt et l'amortissement des dépenses d'installation et la plus-value des frais de graissage et d'entretien réduisent le bénéfice réalisé par la surchauffe, d'autant plus qu'on n'a encore que des données très insuffisantes sur la question de la durée des surchauffeurs.

MM. Walther-Meunier et Ludwig appellent l'attention sur un point très important, c'est que l'emploi de la surchauffe modifie notablement la répartition du travail entre les cylindres: ainsi, dans l'essai de 1896, sans surchauffe, le petit cylindre donnait un travail de 100 *ch*, le cylindre intermédiaire de 32 *ch* et le cylindre à basse pression de 80 *ch*, tandis qu'avec la surchauffe, pour le même travail total, le petit cylindre donnant encore 100 *ch*, le second donnait 24 *ch* et le troisième seulement 66 *ch*. Il en résulte que, le petit cylindre actionnant une manivelle et les deux autres disposés en tandem on a, sans surchauffe, 100 *ch* d'un côté et 112 *ch* de l'autre, tandis qu'avec la surchauffe, la répartition devient 100 *ch* et 90 *ch*; le petit cylindre arrive alors à faire plus de la moitié de la puissance totale du moteur, ce qui peut avoir des inconvénients au point de vue de l'usure de ses organes. Il serait à désirer qu'on obtint une répartition plus égale de ces efforts.

Note sur **une nouvelle méthode de gaufrage** sur velours coton, par M. Knoop.

Cette méthode est basée sur l'emploi de la soude caustique qui affaiblit le tissu par son contact. On imprime sur le tissu avec de la soude caustique épaissie à la dextrine; les fibres qui ont subi le contact se cassent et sont enlevées par un brossage. On lave ensuite et on redresse le poil.

ITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

LIVRAISON DU 25 JANVIER 1896.

Séance du 12 novembre 1895.

sion sur les travaux du port d'Ymuiden. — Considérations sur nts marins et leur effet sur le déplacement des sables aux ems des rivières et des ports. Description du port de pêche établi droit.

unication de M. ALPHAERTS sur le Congrès pour l'unification odes d'essai de la résistance des matériaux de construction, tenu en septembre 1895 (notamment les questions relatives aux ciments).

unication sur les conduites de drainage pour les distributions msterdam, par H. VAN HASSEES. — Beaucoup de villes de Holoivent leurs eaux potables de conduites de drainage établies uvent dans les dunes. Ce sont ou des tuyaux clos posés à grands ne profondeur plus ou moins grande au-dessous du sol ou des écouverts. Les deux systèmes ont leurs partisans et leurs ad-. La communication de M. Van Hassees a donné lieu à des sur des expériences faites en divers endroits et à une discussion upé plusieurs séances consécutives.

LIVRAISON DU 25 AVRIL 1896.

sation dans les chaudières, par M. ELINK STERK. — Il s'agit tique d'un exposé de M. Huet et d'une comparaison entre la les résultats donnés par l'expérience.

et origine des lignes de marées, par M. F. H. L. ORTT. — donne comme conclusion de son savant travail que chaque nte des systèmes de ligne de marées propres et que l'étude doit séparément pour chacune.

LIVRAISON DU 3 JUIN 1896.

Séance du 14 avril 1896.

unication de M. VAN GELR sur le Congrès pour l'instruction de l'ouvrier et l'apprentissage, tenu à Haarlem le 4 avril 1896.

unication de M. HUET sur les roues inclinées à palettes pour ent artificiel des polders.

tion d'une drague, système Bunau-Varilla, par M. KEURENAER. cet appareil, le mouvement est transmis à la drague par un r électrique amené par le courant d'une station fixe; la puissance

(1) ...ie communiqué par M. J. de Koning.

eut atteindre 70 cm,
stra, en Espagne.

Livraison du 27 juillet 1896.

M. Wenckebach décrit des travaux exécutés au pont sur la Meuse de Dortrecht. Ce pont construit depuis 1872 se compose d'une partie fixe et d'une travée tournante ; il se produisait des chocs assez importants au passage d'une partie à l'autre ; on a dû reconstruire, pour remédier à cet inconvénient, une partie du pont, ce qui s'est fait sans interruption de l'exploitation de la ligne sur laquelle se trouve ce pont.

Livraison du 5 septembre 1896.

Communication de M. Goeking sur les vantaux des portes d'écluse. — Ce sont habituellement des parties tournant autour d'une charnière verticale qui exigent un effort considérable pour leur manœuvre et qui ne sont généralement pas étanches. La nouvelle disposition proposée par l'auteur remédierait à ces inconvénients.

Communication de M. Schroeder van der Kalk sur la résistance d assemblages par rivets. — L'auteur, qui s'est occupé de cette quest pendant plusieurs années, donne un aperçu historique sur le suj fournit les résultats d'expériences faites par lui.

Livraison du 5 novembre 1896.

Séance du 8 septembre 1896.

Communication de MM. Sandberg et Schotch sur les travaux sur le canal de Heusden et particulièrement sur la constru ponts sur ce canal.

Livraison du 14 novembre 1896.

Résultats d'une enquête ouverte sur la question des pas d ques. Cette enquête a permis de constater que les avis des nieurs consultés sont extrêmement contradictoires.

Description de la ligne de chemin de fer d'intérêt local Sittard, par M. Ninel. — La ligne a 28,6 *km* de longueu de construction, y compris les expropriations de terrains à environ 115000 *f* par kilomètre.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEM

N° 47. — *21 novembre 1896.*

... et moulin modèle à l'Ex

Chauffage des locomotives au pétrole en Russie, par E. Brückmann.
Charrue défricheuse de Mechwart, par P. Möller.

Groupe de Mannheim. — Gare centrale de marchandises de Mühlau. — Extraction de l'alcool de divers substances. — Distribution d'eau de Ludwigshafen.

Bibliographie. — Lexique de technologie générale, par P. Lueger. — Annuaire d'électro-chimie, par W. Nernst et W. Borchers.

Variétés. — Les explosions de chaudières en Allemagne en 1895.

Correspondance. — Arcs continus à double articulation. — La nouvelle loi russe sur les patentes d'invention.

N° 48. — *28 novembre 1896.*

Expériences sur l'élasticité et la résistance à l'écrasement des ciments, mortiers, bétons, etc., par C. Bach.
Expériences sur le moteur à grande surchauffe de Schmidt, par Gutermuth.
Dispositions les plus favorables dans les systèmes articulés, par J. Pflüger.

Bibliographie. — Résistance à la flexion des principaux matériaux de construction, par L. Tetmajer.

Correspondance. — La fonte ou l'acier coulé dans la construction des dynamos.

N° 49. — *5 décembre 1896.*

Exposition de Budapest, en 1896. — Le dock flottant de la Société I. R. P. de navigation à vapeur sur le Danube.
Expériences sur le moteur à grande surchauffe de Schmidt, par Gutermuth *(suite et fin).*
Étude critique sur les régulateurs centrifuges à pendule, par M. Telle *(suite).*
Les machines agricoles à l'Exposition de la Société allemande d'agriculture à Cologne du 6 au 10 juin 1895, par Grundke *(suite).*
Fabrication de baguettes de métal delta ou autres matières par étirage à la presse à haute température.
Chaudières à tubes d'eau pour la navigation, par C. Busley.

N° 50. — *12 décembre 1896.*

L'électrotechnique à l'Exposition de Budapest, par M. von Noor.
Concours pour la construction d'un pont route fixe sur le Rhin, près Worms, par W.-O. Luck *(suite).*
Étude critique sur les régulateurs centrifuges à pendule, par M. Telle *(fin).*
Les machines agricoles à l'Exposition de la Société allemande d'agriculture, à Cologne, du 6 au 10 juin 1895, par Grundke *(fin).*
Poutres avec appuis élastiques, par C. Riedenauer.
Machines-outils de Droop et Rein, par M. H. Fischer.

par W.-O. Be...

Installation de chau...

triel, à Stuttgart, en 1896, par W...

Courants électriques à haute tension. à ...

Berlin en 1896, par F. Uppenborn (*suite*).

Protection contre les accidents provenant des meules à polir, par ...

Specht.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Notes de voyage sur les gisements auri-

fères de l'Australie, la Tasmanie et la Nouvelle-Zélande.

Groupe d'Alsace-Lorraine. — Les meules.

Groupe de Francfort. — Les expositions de cette année, Berlin, B...

dapest, Nuremberg, Genève.

N° 52. — *26 décembre 1896.*

Inauguration du monument de Franz Grashof.

Exposition industrielle de Berlin en 1896. — Machines-outil...

Loewe et Cie, par M. N. Fischer.

Les moyens de transport aux expositions de cette année, par ...

mann (*fin*).

Correspondance. — Frottement des engrenages.

Pour la Chronique et les Comptes Ren...

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES

DANS LA CHRONIQUE DU 2e SEMESTRE, ANNÉE 1896

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1896

(Bulletins)

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

:S MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 2e SEMESTRE, ANNÉE 1896.

Le Secrétaire Général, Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 24324-12-96. — (Encre Lorilleux).

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

CONGRÈS DE 1896

PARIS

HÔTEL DE LA SOCIÉTÉ

19, RUE BLANCHE, 19

—

1897

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses M
dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publi
le *Compte rendu du Congrès*.

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

PREMIER CONGRÈS

us la présidence d'honneur de M. BOUCHER, Ministre du Commerce de l'Industrie et des Postes et Télégraphes.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 DÉCEMBRE 1896

Présidence de M. L. MOLINOS, Président.

La séance est ouverte à 2 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT après avoir souhaité la bienvenue à M. Bouquet, recteur du Personnel et du service de l'Enseignement technique au nistère du Commerce (représentant M. le Ministre du Commerce, l'Industrie et des Postes et des Télégraphes) qui a bien voulu norer de sa présence la première séance tenue dans le nouvel tel de la Société, l'invite à occuper le fauteuil présidentiel.

M. BOUQUET répond en ces termes :

Messieurs,

M. le Ministre du Commerce comptait bien venir vous présider et augurer avec vous votre superbe Hôtel. Il connait depuis longtemps Société des Ingénieurs Civils de France; il sait les services que ses embres, si nombreux, ont rendus à l'Industrie nationale. On peut dire 'il n'y a pas de véritable manifestation industrielle dans laquelle la ciété des Ingénieurs Civils de France ne soit représentée par plusieurs ses Membres.

M. le Ministre a particulièrement regretté d'être pris à l'improviste r un projet de loi mis hier soir à l'ordre du jour de la Chambre, et de pouvoir assister à vos délibérations. Il m'a chargé de l'excuser et de us apporter le témoignage de sa vive et profonde sympathie. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT prie, au nom de ses Collègues, M. Bouquet de vouloir en être auprès de M. le Ministre l'interprète de tous nos regrets et nos remerciements.

Il propose ensuite de suspendre la séance pour faire visiter l'Hôtel à M. le Directeur du Commerce extérieur.

La séance est suspendue, visite de l'Hôtel.

La séance est reprise à 3 heures.

M. le Président donne la parole à M. Auguste Moreau pour sa communication sur les *Locomotives américaines*.

M. Auguste Moreau débute par quelques considérations générales sur le développement extraordinaire pris par les chemins de fer américains dans ces dernières années, développement tout indiqué par les besoins aussi importants que multiples auxquels ces moyens de transport devaient satisfaire. Ces besoins résultent en particulier des distances plus grandes et des conditions différentes du trafic, du tracé et de l'entretien de la voie, que l'on constate sur les chemins de fer américains. Les locomotives américaines ont donc pour caractéristique leur dimension et leur grande puissance. Leur parcours annuel est également plus long qu'en Europe, elles n'ont jamais de repos et restent constamment en feu jusqu'à réparation obligatoire.

La première locomotive américaine date de 1829; on juge des progrès accomplis depuis cette époque quand on compte qu'en 1890 les États-Unis possédaient 267 000 *km* de lignes en exploitation avec 32 241 locomotives, soit une machine par 8,3 *km*.

Ces machines se réduisent à quatre types correspondant aux divers services.

Elles se distinguent toutes des machines françaises par une construction plus rustique, plus économique et par quelques particularités spéciales comme les roues en fonte, le foyer en acier et les tubes en fer; par l'enveloppe du corps cylindrique et surtout les chasse-bœufs et la forme spéciale des cheminées.

Mais une des caractéristiques les plus remarquables, est la dimension qu'atteint parfois le foyer dont certaines grilles ont jusqu'à 8 mètres carrés de surface.

Depuis quelques années on voit comme ici se développer les machines compound, souvent avec des dispositions spéciales fort originales.

Grâce à l'économie réalisée et au petit nombre des constructeurs qui fabriquent presque toujours les mêmes modèles en grande quantité, on est arrivé à faire baisser le prix de revient des locomotives américaines de 0,85 à 0,90 *f* le kilogramme, prix inconnu en Europe.

Cette communication est suivie de plusieurs observations.

M. R. Varennes rappelle que l'on atteint en France, sur le réseau du Nord, des vitesses de 120 *km* depuis 1853, ainsi qu'il l'a fait observer dans une précédente communication.

M. L. Rey demande quelques renseignements sur les grilles dont les dimensions sont absolument anormales.

M. Auguste Moreau confirme les chiffres qu'il a donnés et qui s'appliquent au foyer Wotten.

M. L. Périssé ajoute que les foyers en question sont destinés à brûler des fines d'anthracite très bon marché en Pensylvanie; c'est ce qui explique la très grande surface des grilles des foyers.

M. J. Gaudry demande si pour brûler ces anthracites qui sont souvent de très mauvaise qualité, on n'emploie pas le soufflage artificiel; il demande aussi si les pare-étincelles qui servaient pour le bois sont encore efficacement employés avec ce combustible.

M. Auguste Moreau répond qu'en effet il y a un tirage très intense et que les pare-étincelles sont indispensables.

M. A. Lavezzari s'étonne que les tubes Serve, dont M. Keromnès nous a expliqué les avantages pour les allures vives, ne soient pas employés en Amérique, puis il donne quelques renseignements sur le graissage des cylindres des machines américaines au moyen des graisseurs continus à colonne d'eau de condensation.

M. le Président remercie M. Auguste Moreau de son intéressante communication ainsi que les Collègues qui ont pris part à la discussion et donne la parole à M. Margaine pour sa communication *sur les Accumulateurs électriques*.

M. G. Margaine expose sommairement quels sont les différents types d'accumulateurs électriques. Il établit les différences entre les accumulateurs à formation artificielle et les accumulateurs genre Planté. Il est nécessaire de constituer un élément homogène et élastique au point de vue mécanique et électrique. C'est cette solution qu'a si heureusement résolue M. G.-R. Blot dans son accumulateur à « Navettes ». La construction de cet accumulateur est simple : deux rubans de plomb de 0,5 *m/m* d'épaisseur, l'un strié l'autre strié et gaufré sont enroulés alternativement autour d'une âme de plomb; cet enroulage constitue la navette. Cette navette sectionnée en deux parties égales forme les demi-navettes qui seront montées en quantité dans des cadres appropriés et en nombre suffisant pour permettre la construction d'une plaque quelconque.

Sous un poids de 3 *kg* la plaque présente une surface utile de 1 m^2. M. G. Margaine donne les différents résultats obtenus avec l'accumulateur Blot et insiste plus spécialement sur le rôle de l'accumulateur dans la traction électrique; l'élément à navette, étant données à la fois sa grande élasticité et sa grande capacité, résout heureusement ce problème. Il termine en insistant sur ce fait que l'accumulateur électrique devra être employé industriellement chaque fois qu'il y aura intermittence dans un travail quelconque parce que dans ce cas il y aura déperdition d'énergie par le fait de la diminution du rendement des machines génératrices qui ne fonctionnent pas toujours à pleine charge.

M. le Président remercie M. Margaine de son intéressante communication.

M. P. Berthot a la parole pour présenter sa communication sur *les Nouvelles recherches sur les forces mutuelles et leurs applications*.

M. P. Berthot rappelle, en le complétant, le savant mémoire qu'il a

présenté sur le même sujet à la Société en 1885; il a exposé, dans son travail, une formule générale d'où se déduit la loi de Newton. Cette formule permet l'étude des mouvements intérieurs des corps et en particulier de l'éther. L'auteur en déduit des relations inattendues sur le magnétisme du fer et la densité de la terre, sur les mouvements vibratoires intérieurs des corps, mouvements elliptiques, paraboliques ou hyperboliques; il applique ces formules à l'étude des rayons cathodiques et à celle des rayons de Röntgen.

Il donne, entre autres, dans les pièces justificatives une interprétation générale des quantités imaginaires. M. Berthot termine sa communication en indiquant une relation empirique entre les rayons vecteurs des planètes, leur masse et l'intensité de la pesanteur à l'équateur de ces planètes.

M. le Président félicite M. Berthot de ses savants et féconds travaux qui ont déjà été couronnés par la Société, et le remercie de continuer à nous en apporter la primeur.

La séance est levée à 5 heures.

Le Secrétaire,
A. Lavezzari.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 DÉCEMBRE 1896

Présidence de M. L. Rey, Vice-Président.

La séance est ouverte à 2 heures.

M. le Président, suivant l'ordre du jour adopté, donne la parole à . de Saintignon pour sa communication sur une *Nouvelle théorie des arées.*

M. A. de Saintignon montre que les actions dynamiques de la lune du soleil ne pouvant déterminer directement le mouvement général · l'Océan devaient nécessairement, pour rompre l'équilibre, donner ıissance à un mouvement de circulation ou moléculaire. D'après M. de ıintignon c'est le mouvement moléculaire horizontal qui seul cause la arée basse et la marée haute.

Or, tous les mouvements de circulation que nous observons (le ballon, nuage, la fumée qui s'élèvent) puisent leur force dans la différence attraction de la pesanteur.

En appliquant ce principe aux actions différentes des forces attrac- ves des astres sur l'Océan et l'atmosphère, l'auteur donne non seule- ıent l'explication des marées mais encore celle des courants de la mer t de l'atmosphère, en s'appuyant également sur l'action horizontale onstamment variable de la force centrifuge.

M. le Président, après avoir remercié M. de Saintignon, prie M. A. Bert de développer sa communication sur le *Problème des marées.*

M. A. Bert dit que le phénomène des marées est imparfaitement onnu et qu'il était réservé à un membre de la Société des Ingénieurs e France d'en trouver la solution :

L'attraction de la Lune et du Soleil produit à la surface des eaux qui ecouvrent le globe terrestre deux phénomènes différents : un soulève- ıent vertical des eaux ou grande ondulation et des marées mesurables, s deux phénomènes se reproduisant à douze heures et quelques mi- ıtes d'intervalle.

La grande ondulation n'a lieu qu'à la surface des eaux d'une profon- ur de 250 *m* jusqu'à 10 000 *m* ; elle accompagne la Lune dans son pas- ge à tous les méridiens et se produit successivement au fur et à mesure le la Terre, en tournant, présente de grandes profondeurs vis-à-vis de partie centrale de notre satellite.

Les marées ont lieu seulement dans les eaux dont la profondeur ne passe pas 250 *m*. Elles se divisent, suivant l'ordre de leur propaga- on, en marées océaniennes, mériennes et fluviales.

M. A. Bert découvre ce que la nature a caché si longtemps : le point e départ des marées. Il suit l'onde-marée à chaque pas, dans l'océan

Germanique, la mer du Nord, l'est de l'Atlantique, la mer d'Irlande, la Manche, etc., au moyen de cartes hydrographiques.

M. F. Brard aurait désiré avoir l'explication des différences de marées que l'on constate dans la Manche pour des points très rapprochés; dans la Méditerranée, la marée atteint 22 *cm* seulement et dans la mer Caspienne il n'existe pas de marée.

Dans la mer Rouge, les marées équinoxiales atteignent 3,50 *m* et au Tonkin il n'y a plus qu'une marée par jour.

Il serait très intéressant de connaitre les explications de M. Bert sur ces très grandes variations.

M. A. Bert répond que la marée de l'Atlantique ne se propage pas dans la mer Méditerranée parce qu'elle est étranglée par le détroit de Gibraltar. La marée est faible dans cette mer, sorte de cuvette dépourvue de plans inclinés assez étendus et où les profondeurs de 2900 *m* avoisinent le littoral. Cependant, dans l'Adriatique, la marée s'élève de 5 pieds et, dans le golfe de Gabès, où le sous-sol marin offre un plan incliné assez étendu, la marée atteint près de 7 pieds.

La mer Rouge est très longue à proportion de sa largeur: elle est étranglée à son extrémité sud par un détroit et la marée prend naissance et se propage dans son sein; ses plus grands fonds sont de 243 *m*.

M. Bert considère comme une anomalie le fait signalé par M. Brard en ce qui concerne l'existence d'une seule marée au Tonkin. Ce fait ne se constate que sur un point du golfe du Tonkin. En général, les anomalies dans les marées dudit golfe sont causées principalement par les moussons de la mer de Chine, mais il n'en a pas fait une étude spéciale. Il y a peu de règles sans exceptions, en hydrographie; on peut dire, en général, que la marée se produit dans toutes les mers et même les lacs dont la profondeur ne dépasse pas 250 *m* et dont le lit, au lieu d'être accore, présente des plans inclinés d'une certaine étendue. Les Américains ont constaté sur le lac Michigan des marées équinoxiales ayant un pied trois quarts de hauteur.

Avec des instruments sensibles on en observerait dans la mer Caspienne ainsi que dans la mer d'Azov, mais on observe les marées d'autant moins qu'elles sont peu sensibles.

M. A. de Saintignon en réponse aux observations de M. Brard dit que l'action des astres est proportionnelle à la profondeur de la mer et que la direction nord-sud de la mer Rouge est extrêmement favorable au mouvement de la marée.

A l'appui de la théorie de M. Bert consistant à montrer que, dans les mers peu profondes il y a de grandes marées, M. de Saintignon ajoute que c'est précisément parce que la mer est influencée dans les grandes profondeurs par les astres que la marée se fait sentir dans les faibles profondeurs. En un mot, l'Océan serait l'origine des marées, et s'il n'y avait pas de dénivellations les marées seraient très faibles.

M. D. A. Casalonga estime qu'il y a lieu de faire intervenir la force centrifuge dans l'explication des marées; suivant lui, ce n'est pas l'attraction de la lune qui produit l'anti-marée mais bien la force centrifuge

ıentaire résultant du mouvement de gravitation de la Terre au-
centre de gravité du système formé par les deux corps.

PRÉSIDENT remercie les conférenciers et les orateurs qui ont bien
ɔrendre part à la discussion, puis il donne la parole à M. G. Ha-
ɔur traiter le sujet suivant : *Contribution à l'Étude de la ventila-
mines. Les Ventilateurs.*

HANARTE rappelle que la science de la ventilation est une science
e essentiellement française qui eut pour initiateurs principaux :
, Guibal, Devillez et qui, dans ces derniers temps, s'est accrue
eaux matériaux par les remarquables enseignements de MM. Ser
ue.
anarte pense cependant que l'étude de la ventilation aspirante
es n'est pas aussi claire ni aussi complète qu'on pourrait le dé-
ısqu'ici, dit-il, on n'a pas tenu assez compte de la compressibilité

ıme que, pour concevoir rationnellement la ventilation, on doit
ser les travaux en deux espèces : le travail récepteur et le travail
eur.
ıvail récepteur consiste à vaincre les frottements métalliques de
ation, et les frottements de l'air dans le ventilateur et dans la
·oduisent deux pertes de charge bien distinctes. La dernière est
i résulte du travail réellement utilisé et doit être mesurée assez
ı ventilateur, sous peine d'attribuer à celui-ci un rendement

ıvail producteur est celui que le ventilateur doit accomplir en
·imant d'abord l'air déprimé par les frottements ci-dessus indi-
ensuite en le refoulant dans l'atmosphère.
anarte prétend que pour obtenir le travail le plus économique-
ɔssible, l'air doit d'abord être comprimé par réaction contre les
t contre l'air contenu dans un réservoir, d'où il doit ensuite sortir
tmosphère à gueule bée par un ajutage convergent parabolique
:elui qui débite un fluide avec le plus d'économie dynamique. La
ı un peu supérieure à la pression atmosphérique est maintenue
s un réservoir au moyen d'un obturateur ou soupape réglant la
de sortie comme le ferait la soupape de sûreté d'une chaudière à
Il prétend que même sur une mine à orifice équivalent, étroit
m^2, l'on peut arriver par ce moyen à un rendement de 82 0/0.
encore en tenant compte de la compressibilité de l'air que M. Ha-
t parvenu (en recherchant les coefficients de contraction de l'air
par différents orifices en mince paroi), à trouver que, contraire-
l'opinion jusqu'ici accréditée, les tubes manométriques indica-
: la dépression doivent avoir leur ouverture disposée parallèle-
la direction du courant d'air, de façon que l'air, passant par cette
re, n'ait subi aucun choc ou recompression.
constatation, contrôlée par les lois de la contraction, tendrait à
: l'exactitude des résultats obtenus par l'essai des ventilateurs
n le pratiquait jusqu'ici.

M. A. Lencauchez fait remarquer que l'orateur a oublié de dire qu'un fluide pris au repos dans une enceinte pour être refoulée dans une autre, même sans pression effective sensible au manomètre, doit nécessairement entrer en mouvement et que ce mouvement est déterminé par une différence de pression.

Le meilleur propulseur est celui qui donne le plus grand rendement. Or, ce plus grand rendement est atteint par l'appareil qui aura fait passer un volume déterminé d'une enceinte dans l'autre avec le minimum de chute de potentiel.

Si le propulseur est un ventilateur, il faut que l'air entre dans l'appareil avec un mouvement uniformément accéléré puis traverse la turbine avec un mouvement également uniformément accéléré pour s'échapper ensuite avec un mouvement uniformément retardé.

La plupart des ventilateurs ne réalisent pas cette condition.

M. Lencauchez, en 1855, a fait des expériences sur un ventilateur qui avait été construit d'après les indications d'un des calculateurs les plus distingués de cette époque. Ce ventilateur avait 2 *m* de diamètre, le diamètre de l'œillard était de 0,60 *m*, la largeur des aubes 0,60 *m* et à 1 200 tours de vitesse par minute, il devait donner une pression de vent de 0,60 *m* et être silencieux. Or, cet appareil donnait, en réalité, 0,06 *m* de pression et on l'entendait, par temps calme, à une distance de 8 *km*. La somme des sections des deux œillards était six fois et demie plus petite que la section de sortie, d'où il résultait qu'il aurait fallu admettre que l'air, en traversant le ventilateur, s'était dilaté de six fois et demie son volume, ce qui est absurde.

Au cours de ses expériences, M. Lencauchez a constaté qu'à l'œillard pas plus que dans la partie comprise entre cet œillard et un cercle tracé à 0,07 *m* de la circonférence extérieure des palettes, on ne constatait ni vide ni pression.

A partir de 0,93 *m* du centre, on trouvait une pression de 0,001 *m* qui s'accroissait progressivement pour atteindre 0,06 *m* d'eau à la circonférence.

De tout ceci, on arrive à conclure que, suivant l'opinion exprimée par M. Sagebien, des palettes de 0,07 *m* de hauteur sont bien suffisantes pour le rayon de 1 *m* et pour une largeur de 0,60 *m* des palettes, mais espacées l'une de l'autre de 0,05 *m*.

Un Membre de la Société fait observer que la théorie de M. Ser n'est pas exacte lorsqu'on arrive à des pressions de 1,36 *m* d'eau. Ces pressions ne peuvent être obtenues avec les ventilateurs du genre Capell, Guibal, Ser, etc., et on est obligé d'appliquer le principe énoncé par M. Lencauchez à savoir que le volume d'air à la périphérie ne soit pas plus grand que celui qui entre par l'œillard.

Pour obtenir la pression ou la dépression, il faut avoir un très grand nombre d'aubes.

M. G. Hanarte répond que c'est par une fausse interprétation de la dépression qui, en somme, dans la ventilation, est une perte de charge que l'on arrive à penser que c'est le ventilateur qui doit la produire.

Le ventilateur est un déplaceur d'air et non un raréfacteur, comm

aucuns le pensent; c'est un créateur de mouvement et un compresur de l'air qui s'est déprimé par frottement dans la mine sous l'inıence de ce mouvement; que le ventilateur soit aspirant ou qu'il it foulant sur la mine, le même raisonnement est du reste applicable. Plus la mine sera sinueuse, plus l'air arrivera déprimé à l'ouïe du ntilateur aspirant. C'est donc le conduit adducteur ou la mine qui, ns ce cas, fait la dépression que l'on constate à l'ouïe, et le rôle du ntilateur est de lancer cet air, par injections successives, avec une ce vive capable de le comprimer contre de l'air en repos ou contre ie surface; c'est là ce qui constitue seul son travail utile Qh.

Toute perte de charge ou dépression supplémentaire h' que le fluide bit en traversant le ventilateur, oblige celui-ci à produire un travail recompression supplémentaire inutile qui diminue le rendement ménique.

Un ventilateur qui, comme le ventilateur soufflant, n'aurait pas, anieurement à son orifice d'entrée d'air, une mine ou conduit adducteur primant l'air, n'accuserait pas de dépression à son ouïe, comme l'a, ı reste, constaté M. Lencauchez, et s'il n'avait pas de conduit au delà, n'aurait pas de recompression à produire.

Il serait alors un simple déplaceur ou propulseur d'air.

Dans les mines où les pertes de charge ou dépressions sont faibles et s volumes relativement très grands, il est indispensable que le ventiteur produise sur l'air aussi peu de frottement que possible, de façon ie la dépression ou perte de charge h', qui concourt au passif du ndement, soit réduite au minimum : c'est pourquoi le cloisonnement s ailes et l'œillard du ventilateur de mine doivent être aussi grands e possible; celui-ci peut même être approximativement égal, et peut ème atteindre jusqu'au diamètre du ventilateur.

Dans le ventilateur de forge, au contraire, là où les volumes sont reivement petits et les recompressions grandes, la recompression supementaire due à une dépression ou perte de charge dans le ventilaır n'a pas la même influence sur le rendement; néanmoins, la règle dessus posée y est bonne à suivre.

Peut-être pour la recompression jusqu'à 1,36 *m* d'eau dont il a été rlé ci-dessus, les œillards petits et les cloisonnements serrés des ailes, ı un mot, les obstacles au passage de l'air, sont-ils nécessaires pour ›tenir par frottement une étanchéité plus complète.

M. Lencauchez partage l'avis de M. Hanarte en ce qui concerne les mensions à donner à l'œillard d'un ventilateur de mine. La dépression t à considérer dans les mines, car si elle n'existait pas, il n'y aurait ıs mouvement.

M. le Président remercie M. Hanarte, ainsi que les Membres de la ciété qui ont pris part à la discussion de l'intéressant mémoire qui a é présenté, puis il donne la parole à M. F. Brard pour sa note *sur un ussinet à serrage automatique*.

M. F. Brard entretient le Congrès d'un système de *serrage automaue des rails de chemins de fer sur les coussinets*. Il constate qu'à mesure

que les trains deviennent plus nombreux, plus lourds et plus rapides, on a renforcé considérablement les rails et les coussinets, mais qu'on a peu étudié l'assemblage de ces deux parties.

On s'est tenu jusqu'à présent aux coins en bois ou en acier qui présentent des inconvénients que l'orateur énumère.

C'est pour parer à ces inconvénients que M. Chenu a imaginé le coussinet présenté au Congrès et qui diffère des autres par la suppression du coin et la présence d'une pièce mobile appelée « mors mobile ». Cette pièce se resserre automatiquement au passage de chaque train; elle semble répondre entièrement aux exigences du trafic, ainsi que le démontrent les expériences pratiques qui ont été réalisées sur deux tronçons de voie en exploitation. M. Brard termine en faisant ressortir les avantages que présente encore ce système par la facilité de pose et de dépose tout particulièrement appréciables en cas de guerre.

Un Membre de la Société qui a assisté à des expériences confirme de tous points ce que vient de dire M. F. Brard.

M. Rey, Président de la séance du Congrès, remercie M. Brard et prononce les paroles suivantes :

« L'ordre du jour étant épuisé, il ne me reste plus qu'à lever la séance et à déclarer close la session du Congrès de 1896.

Avant de le faire, je tiens à remercier vivement les auteurs des communications si intéressantes qui nous ont été présentées.

Je remercie aussi tous ceux de nos Collègues qui ont bien voulu assister à nos séances, et particulièrement ceux qui, habitant la province, n'ont pas hésité à faire un voyage plus ou moins long pour nous apporter leur concours.

Le but principal de ces Congrès que nous inaugurons cette année est de resserrer les liens de confraternité entre ceux de nos Collègues qui habitent la capitale et ceux que la nature de leurs fonctions retient au loin. J'espère que le premier Congrès qui se termine aujourd'hui aura atteint ce but, qu'il laissera de bons souvenirs dans l'esprit de ceux qui y ont participé, et qu'il fera naître des regrets dans l'esprit de ceux qui n'ont pu le faire, et que l'année prochaine nous nous retrouverons dans cette enceinte encore plus nombreux pour la tenue de notre second Congrès.

Messieurs et Chers Collègues, je vous dis donc à l'année prochaine pour le second Congrès, mais à ce soir pour les élections générales. »

La séance est levée et le congrès clos à 5 heures et demie —

Le Secrétaire,
G. Baignères,

LES LOCOMOTIVES AMÉRICAINES

PAR

M. Auguste MOREAU

Considérations générales.

Tout le monde sait que les chemins de fer ont pris aux États-Unis un immense développement et cela s'explique aisément par les besoins aussi importants que multiples auxquels ils avaient à satisfaire dans ce pays neuf. Les transports, en effet, se font généralement à des distances beaucoup plus grandes que dans nos pays d'Europe et dans des conditions très différentes quant au trafic, au tracé et à l'entretien de la voie, etc.

Les locomotives américaines ont pour caractéristique leurs *dimensions* et leur *puissance de traction* généralement plus grandes que les nôtres; leur parcours annuel est également plus étendu, et par suite leur rendement meilleur.

Ainsi pour établir une comparaison avec un pays et une race dont le génie naturel se rapproche le plus de celui des Américains, l'Angleterre, on constate immédiatement que le nombre des machines en service y est beaucoup plus grand qu'aux États-Unis par rapport au développement total des voies et au travail accompli.

Ainsi, en 1890 les États-Unis possédaient 267000 *km* de lignes en exploitation avec 32241 locomotives, soit une machine pour 8,3 *km*; tandis qu'en Angleterre il y avait cette même année, 16237 locomotives pour 32130 *km*, soit une pour 1,9 *km*, c'est-à-dire quatre fois plus qu'en Amérique toutes choses égales d'ailleurs.

La libre concurrence a en même temps entraîné une grande diminution des tarifs; ainsi le prix moyen de la tonne kilométrique, qui était de 0,08 *f* en 1868, descendait à 0,06 *f* en 1882 et arrivait à 0,03 *f* en 1870; cette réduction a grandement diminué les bénéfices des Compagnies et les a en même temps forcées à augmenter la puissance de leur instrument de transport en augmentant les quantités transportées.

La locomotive s'en est ressentie directement : elle a eu à développer un travail plus grand que celui qu'on lui avait d'abord demandé ; son ancien parcours annuel de 26 à 28 000 *km* a dû atteindre le chiffre de 38 000 *km*. Et au lieu d'un revenu brut de 125 000 *f* comme en Angleterre, la machine américaine a rapporté en 1890 plus de 175 000 *f* c'est-à-dire 54 275 *f* de plus. Cette différence est encore plus importante qu'elle ne le paraît, car la moyenne des prix de transport est beaucoup plus élevée en Angleterre, au moins pour les marchandises. Et s'il n'en est pas tout à fait de même pour les voyageurs cela tient au confortable américain, aujourd'hui proverbial.

Aussi s'explique-t-on aisément l'extraordinaire développement du matériel roulant aux États-Unis dans ces dernières années, développement qui n'a fait que suivre celui du trafic auquel il est appelé à faire face.

Par exemple de 1877 à 1890, le nombre des locomotives en service sur les lignes américaines a passé de 15 911 à 32 241. — En même temps celui des wagons de marchandises passait de 392 175 à 1 061 970 ; et celui des voitures à voyageurs, de 12 053 à 21 957. Pendant cette période le trafic des voyageurs et des marchandises a plus que doublé.

Historique de la locomotive aux États-Unis.

La locomotive fit pour la première fois son apparition aux États-Unis en 1829. Elle y fut introduite par Allen sous la forme d'une machine à vapeur à chaudière verticale et ce n'est qu'en 1831 que le corps cylindrique devint horizontal et la forme générale analogue à celle des locomotives actuelles du continent.

En 1832 les machines prirent un caractère spécial par l'addition à l'avant du truck articulé exigé par l'état de la voie et les courbes des premiers chemins de fer américains. En 1833, la célèbre maison Baldwin, encore aujourd'hui à la tête de la construction des locomotives aux États-Unis, construisait la première locomotive américaine avec cylindres horizontaux ; la pression de la vapeur dans la chaudière ne dépassait guère à cette époque 4 *atm*. De 1832 à 1840 sous l'inspiration de Baldwin, Rogers et d'autres, on remplaça le bois du châssis par du fer, on plaça les cylindres sous la boîte à fumée et la répartition des charges sur les essieux se fit par l'intermédiaire de balanciers.

Le type dit « American » à deux essieux couplés et bogie à

ant fut construit par Baldwin pour la première fois en 1835.
1844 le fer forgé fut substitué au cuivre pour la confection tubes.
.es premières machines à grande vitesse datent de 1848, et 1850 on voyait paraître quelques machines à trois et quatre ieux couplés, sans truck articulé.
:n 1854, Ross Wynans construisait la première locomotive à itre essieux couplés et bogie à l'avant.
.e *bissel* ou *poney-truck* date de 1857 accompagnant les machines rois essieux couplés du type du Mogul.
. la même époque Smith substitue l'acier au fer et préconise :tension de la boite à feu ; en même temps on voit se répandre tout l'emploi de la coulisse de Stephenson.
)epuis cette époque la seule modification importante qu'on ait constater dans les locomotives américaines est l'adoption du tème compound dont nous dirons un mot plus loin.

Types divers de locomotives américaines.

. l'exception de quelques machines spéciales pour trains de ılieue, fortes rampes ou manœuvre, les locomotives actuellent employées aux États-Unis se rattachent à quatre types seuıent :

.° La machine type « American » à deux essieux couplés et bo- dans laquelle le foyer plonge entre les deux essieux couplés passe au dessus du dernier essieu. Les roues ont de 1,50 *m* à 0 *m*; c'est le type ordinairement employé pour les trains ex- ess ;

2° Les machines à trois essieux couplés et bogie, destinées au vice des voyageurs ou des marchandises et dans lesquelles le mètre des roues varie de 1,50 *m* à 1,80 *m* ;

3° Les machines à trois essieux et bissel du type *Mogul*, qui mportent des roues de 1,45 *m* à 1,70 *m*, et servent le plus souvent remorquage des trains de marchandises d'un poids modéré ou r les lignes à profil facile :

4° Les machines à quatre essieux couplés et bissel, type *Consoation* destinées au service des trains de marchandises lourds ou rticulièrement sur les lignes à fortes rampes.

Caractères particuliers des locomotives américaines.

On remarque bien sur les locomotives américaines les dispositions générales et les organes fondamentaux des machines européennes : mais elles s'en distinguent cependant par des caractères spéciaux dont les principaux sont : *l'aspect extérieur, la nature des matériaux employés*, et comme nous venons de dire, le *service exceptionnel qu'elles effectuent.*

L'aspect extérieur est généralement peu flatteur à l'œil : les organes essentiels sont des pièces simplement ébauchées le plus souvent simplement fondues sans être finies, et donnant à l'ensemble une allure un peu hirsute. C'est que la préoccupation des constructeurs américains est de les faire avant tout robustes et résistantes à cause du service spécial qu'elles doivent généralement effectuer sur des voies souvent médiocrement installées et qu'il est quelquefois impossible d'entretenir pendant une longue saison d'hiver. Une locomotive trop soignée et munie d'organes trop délicats ferait sur ces réseaux assez mauvaise figure.

Ainsi les châssis sont formés de barres pleines en fer forgé ou en acier coulé ce qui oblige à rehausser la chaudière pour pouvoir placer le foyer. Le piston est généralement en fonte coulé avec sa tige; la roue en fonte est également d'un usage général. Les pièces mobiles du mécanisme, vu leurs dimensions et leurs poids, entraînent d'énormes contre-poids qui augmentent la charge par essieu. Il n'est pas rare de voir celle-ci atteindre *13 à 15* et même *20 tonnes* par essieu, ce qui paraîtrait inadmissible en Europe avec des voies mieux établies et mieux entretenues. Hâtons-nous de dire que cela n'est pas à imiter à moins d'y être contraint par la nécessité, car il en résulte une fatigue exceptionnelle des voies. Aussi est-on obligé de conjuguer tous les ressorts de suspension au moyen de *balanciers* compensateurs répartissant les charges supportées par les essieux.

Les foyers sont toujours en acier à cause du prix de revient inférieur de ce métal comparé à celui du cuivre; en Europe on en est toujours revenu au cuivre quand on a voulu essayer l'acier; car le cuivre a l'avantage de se prêter beaucoup mieux aux réparations et de prolonger l'existence de la machine, ce qu'on recherche toujours sur le continent.

Les Américains, au contraire, ont pour principe de surmener

s machines jusqu'à extinction, puis de s'en débarrasser en les ıt à la ferraille, pour en adopter une autre, le plus souvent . type nouveau. Le mécanicien et le chauffeur qui descendent e locomotive sont remplacés immédiatement tous deux, et ıachine repart aussitôt; on n'interrompt jamais son service, pour les nettoyages indispensables. Chez nous, au contraire, locomotive est confiée à une équipe unique qui en prend et en est responsable, ce qui est de beaucoup préférable au t de vue du bon entretien de tous les organes, et présente le inconvénient de voir les extinctions et rallumages succes- du feu, soumettre le métal à des alternances toujours nui- ›s à sa conservation. En outre, les machines américaines tra- ent toujours en fournissant *leur effort maximum*. Les machines ·yageurs ont à remorquer à la vitesse de 80 *km* à l'heure et des voies très médiocres, des trains pesant jusqu'à 250 *t*; ›s des trains de marchandises sont attelées à des trains attei- ıt 400 et 500 *t*, et marchant à la vitesse de 60 *km* à l'heure. ɔnctionnement de ces machines, dans de pareilles conditions, ›eut guère être économique; on les voit en effet brûler jus- 600 *kg* de charbon par mètre carré de grille, soit plus du ble de ce que nous consommons normalement, et cela pour luire seulement 5 500 *kg* de vapeur par kilogramme de com- ıible. L'admission de vapeur est enfin, au minimum, de 30 0/0. tteint souvent 90 0/0 au grand préjudice de la détente, comme ont voir en effet les diagrammes. Les Américains s'en soucient , car ils ont le combustible à bon marché et tous leurs efforts t concentrés sur le confortable que doivent offrir les voitures train.

ꞁa locomotive américaine doit sa flexibilité au truck articulé : ıe ou bissel, et sa stabilité aux balanciers qui répartissent éga- ent les charges sur les roues motrices et sur celles du truck nt.

'emploi du chasse-bœufs est indispensable; il est fixé à prolongement des châssis qui se fait à l'avant des cylindres. ꞉hâssis, en général, présente plus d'épaisseur que de hauteur. ›s essieux sont semblables aux nôtres. Mais il n'en est pas de ıe des roues, comme nous l'avons vu plus haut. Celles-ci sont ɔnte moulée en coquille, non seulement pour le truck arti- mais souvent même pour les roues motrices; ces dernières ependant le plus souvent le bandage en acier, avec jante et ıs en fonte.

Les cylindres, toujours symétriques, sont placés à l'extérieur et à l'avant du châssis; ils ont généralement l'axe horizontal. Les pistons en fonte ont des segments en bronze doublés de métal blanc.

La boîte à feu, d'où le cuivre est aujourd'hui complètement exclu, a les grilles plus longues et plus larges qu'en Europe; en revanche, les tubes sont moins nombreux et moins longs; le corps cylindrique a également un diamètre extérieur plus petit. Le grilles présentent des barreaux en fonte pleine quand on brûle du bois ou de la houille; ce sont des barreaux creux à circulation d'eau quand on brûle de l'anthracite ou de la houille maigre.

Le tuyaux d'échappement se rendent séparément dans la boîte à fumée qui repose sur les cylindres; la cheminée est souvent munie d'un pare-étincelles.

L'alimentation se fait soit au moyen d'injecteurs, soit encore souvent au moyen de pompes.

Enfin toutes ces machines sont munies d'une cabine complètement fermée et beaucoup plus confortable que celles d'Europe quand il y en a. Le besoin de ce véritable compartiment spécial destiné au mécanicien et au chauffeur, est justifié non seulement par le climat, mais aussi par la longueur souvent très grande des trajets à parcourir et la durée des voyages à effectuer.

Outre ces considérations, la main-d'œuvre est chère et exigente aux Etats-Unis. C'est pourquoi d'ailleurs on a cherché dans tous les détails de construction des locomotives, à réduire et à simplifier toutes les manipulations et toutes les manœuvres. C'est également pourquoi aussi le mécanicien et le chauffeur sont si confortablement logés. Ils sont placés à une assez grande hauteur au-dessus de la voie, au-dessus et sur le côté du foyer; leur cabine est munie de glaces sur trois faces, et de forts rideaux à l'arrière. Chacun d'eux peut s'asseoir sur un banc rembourré muni d'un dossier.

Le graissage est effectué de cette cabine par le mécanicien qui n'a pas à se déranger, grâce à tout un tableau de leviers de manœuvre et de robinets qu'il possède à portée de la main et qui sont d'autant plus faciles à entretenir qu'ils sont complètement à l'abri de la pluie et de la poussière. Les cylindres sont toujours à l'extérieur du châssis; la distribution et les coulisses sont toujours à l'intérieur, mais facilement accessibles, grâce à la surélévation du corps cylindrique. Malgré cette surélévation, la

əst tout au moins assez grande pour permettre la circu-
les vitesses de 100 *km* à l'heure, avec des courbes beau-
.ıs raides que celles des grandes lignes européennes.
iendrons plus loin sur cet intéressant côté de la ques-

t, une grosse lanterne unique ou fanal, munie d'un ré-
parabolique et placée à l'avant, à la base de la che-
claire la voie au loin devant le train.
et est presque toujours remplacé par une cloche.
eau d'eau est quelquefois supprimé, et l'on ne conserve
arinette de trois robinets. Certaines Compagnies, comme
ian Pacific Railway, ont adopté la coutume française de
ge simultané des deux appareils.
te puissance des locomotives américaines provient en
artie de la pression élevée de la vapeur dans la chau-
seul inconvénient de cette manière de faire est d'entraî-
ombreuses escarbilles et même des fragments de charbons
cents par la cheminée, ce qui peut occasionner des in-
pour y obvier, on donne de grandes dimensions à la
umée, et on la munit de cloisons en chicanes. La chemi-
conique avec garniture de toiles métalliques n'est plus
ə que lorsqu'on fait usage du bois comme combustible.
mpagnies américaines construisent rarement leurs loco-
: elles se les procurent le plus souvent toutes faites
.ın modèle déterminé, et comme elles achèteraient un
lconque dans une grande maison spéciale. Le Canadian-
jui était primitivement obligé d'acheter ainsi toutes
.ines aux Etats-Unis, a fini par s'affranchir de cette tu-
installant des ateliers spéciaux dans cette vue. Il réalise
t un économie de 237 francs par tonne, ce qui est fort
.t.
ut s'étonner en effet, au premier abord, de l'uniformité
notives américaines et du petit nombre de types que l'on
ə sur un territoire plus grand que celui de l'Europe,
ant tant de régions, tant de Compagnies et de longueurs
ux différentes. L'explication en est dans ce fait qu'un
nbre de constructeurs ont monopolisé cette industrie, et
ire de ce qui se passe chez nous, ont imposé leurs types
pagnies. Or le constructeur a intérêt, pour abaisser ses
revient, à changer le moins possible ses modèles et à
ute complication coûteuse. Elles n'en sont d'ailleurs

pas pour cela plus mal exécutées, et les preneurs se gardent des malfaçons en imposant aux établissements qui les leur livrent, des délais de garantie assez prolongés. C'est pourquoi la locomotive américaine est établie spécialement pour être robuste, capable de faire face à un service intensif, coûter le moins possible de frais d'acquisition et surtout de frais d'entretien. Le prix de 0 f 85 à 0 f 90 le kilogramme est fréquemment atteint par les constructeurs américains pour les machines à voie normale, et ce tarif économique leur a permis d'évincer leurs concurrents anglais non seulement de presque toute l'Amérique, du nord au sud, mais même de leurs propres colonies. Cela tient d'ailleurs également à la propriété spéciale de ces machines de se bien comporter sur les voies médiocres en vue desquelles on les construit. Les machines européennes en général, et les machines anglaises en particulier, exigent au contraire des voies robustes et très bien entretenues pour faire un bon service.

En résumé, les locomotives américaines sont un sujet attrayant d'études, parce qu'en dehors de certains perfectionnements intéressants, elles sont d'une grande simplicité, présentent un nombre très réduit d'organes eux-mêmes très simples et simplement ajustés.

C'est pourquoi nous allons examiner avec un peu plus de détails les organes principaux de ces machines.

Foyer. — Les chaudières des locomotives américaines n'appartiennent pas à de nombreuses variétés, et en présentent cependant un peu plus que les autres organes.

Ces chaudières, appartenant ordinairement à des machines très puissantes, sont le plus souvent de très grand volume. Dans l'ancienne machine du type dit American, un foyer très profond descendait invariablement entre les deux essieux couplés d'arrière rarement distants de plus de 2,70 *m*. Puis, la puissance des machines augmentant chaque jour en même temps que diminuait la qualité du combustible, on fit déborder le foyer en deçà de l'essieu d'arrière, sans modifier l'écartement des deux essieux couplés. Dans la nécessité de donner à la boîte à feu une profondeur suffisante pour permettre l'emploi de houilles quelquefois très bitumineuses, on se vit contraint de remonter l'axe du corps cylindrique à une très grande hauteur variant de 2,50 *m* à 2,70 *m* au-dessus du rail. Le foyer pouvait avoir ainsi une profondeur suffisante avec des roues atteignant jusqu'à

1,80 *m* et 2,10 *m* de diamètre; de plus, comme nous l'avons déjà signalé précédemment, les longerons ont une épaisseur assez forte atteignant 0,075 *m*, ce qui réduit à 0,83 *m* la largeur de la boîte à feu quand elle descend à l'intérieur du châssis; on a donc dû, pour obtenir une plus grande surface de grilles, placer souvent le cadre du foyer au-dessus des longerons dans les mêmes conditions que si le châssis était extérieur. Cela a encore conduit à exhausser le centre de gravité de ces chaudières.

Les foyers, tous en acier, sont généralement vastes et présentent fréquemment des surfaces de grilles de 2,50 *m* à 3,00 *m*, même quand on brûle d'excellent combustible. Avec le foyer *Wootten* spécialement destinés à brûler des fines d'anthracite, cette surface atteint jusqu'à 8,40 m^2.

En somme, les foyers employés sur les locomotives américaines sont de trois types différents, selon la nature du combustible employé.

1° Des foyers très profonds pour les combustibles bitumineux;

2° Des foyers longs et modérément profonds pour les charbons peu bitumineux ou qui exigent de grandes surfaces de grille;

3° Enfin, des foyers longs et plats pour certaines qualités d'anthracites.

Dans la première catégorie, le foyer assez étroit plonge entre les deux essieux couplés (type « American »).

L'acier employé d'une façon générale à la confection de ces foyers présente une résistance à la rupture de 43 à 45 *kg* par millimètre carré de section, avec un allongement de 25 à 30 0/0, mesuré sur des éprouvettes de 200 *mm*. On rejette comme trop dures les tôles donnant une résistance supérieure à 47 *kg*, à moins que l'allongement correspondant ne dépasse 30 0/0.

L'épaisseur de ces tôles ne dépasse jamais 8 *mm* pour les parois latérales et 10 *mm* pour le ciel, même avec les plus hautes pressions employées.

Le ciel peut être plat et consolidé par des ferrures transversales sans corbeaux, reliées au berceau supérieur de la boîte à feu par de petites bielles. D'autrefois, il est bombé et relié à l'enveloppe extérieure par des entretoises et des tirants vissés et rivés aux deux extrémités. Quelquefois enfin, on applique la disposition adoptée dans le foyer Belpaire.

Corps cylindrique

Le corps cylindrique est toujours en acier et présente un mètre descendant rarement au-dessous de 1,35 *m*. Dans les grosses machines à quatre essieux couplés du type *Consolidatio* diamètre peut atteindre 1,85 *m*.

L'enveloppe extérieure de la boite à feu est cylindrique, presque toujours de diamètre plus grand que celle du corps lindrique proprement dit, afin de permettre de relever le ciel foyer et d'augmenter le nombre des tubes, sans diminuer le lume de la chambre de vapeur et sans placer la prise de va trop près du niveau. Il en résulte la nécessité d'une virole con pour relier les deux parties de la chaudière. Quelquefois, c'e seconde virole qui est conique et non la première. C'est ce qu appelle le type *wagon-top*.

Dans beaucoup de ces machines, une circulation d'eau est blie entre le bas du corps cylindrique et l'arrière du ciel foyer, au moyen de tubes qui relient ces deux régions et mettent en communication entre elles. Ce dispositif très ration en principe, est de plus en plus abandonné; on le remplace qu quefois par une lame d'eau inclinée occupant toute la longu de la boite à feu et reliant la lame d'eau avant, un peu au-d sous des tubes, à la lame d'eau arrière, au-dessus de la porte. ouverture circulaire, ménagée dans le centre de cette lame d'e permet le passage des produits de la combustion et sert à la vi des tubes. La surface de chauffe varie généralement de 1 200 m^2.

Toutes les tôles composant le corps cylindrique ont des ép seurs faibles. Ainsi, un corps cylindrique de 1,50 *m* de diam n'a pas plus de 0,0145 *m* d'épaisseur, même aux plaques tu laires, pour une pression de 11 à 12 *kg*.

Les injecteurs sont presque toujours du type aspirant à am çage automatique, d'un modèle analogue à celui de Sellers.

Les soupapes sont uniformément à charge directe, sans levi On les munit souvent d'étouffoirs, qui ont pour but de dimin le bruit produit par l'échappement de la vapeur. Ces soupa sont presque toujours à gorge et dérivées du type Adams.

Boîte à fumée.

La boîte à fumée est toujours très large et prolongée de 0,60 *m* à 0,70 *m* en avant de la cheminée; elle est cylindrique et sert d'attache à la chaudière sur le massif en fonte reliant les cylindres et portant le pivot du truck articulé.

Le type actuel de la boîte à fumée américaine est en tôle, sauf la cloison avant, qui est en fonte; elle est boulonnée sur le corps cylindrique; la porte ne s'ouvre que rarement et se fixe également sur le fond, au moyen d'une couronne de boulons; une petite porte placée sur le côté sert à laisser passer un balai qui pousse les escarbilles entraînées et déposées dans une trémie d'évacuation, que l'on ouvre à l'aide d'un clapet inférieur.

La préoccupation d'empêcher l'entraînement de ces escarbilles au dehors a été l'idée dominante de tout l'agencement correspondant; les machines américaines fonctionnent, en effet, avec un charbon souvent très léger ou avec du bois, et toujours avec un tirage des plus violents.

Si l'on ajoute à cela qu'elles traversent fréquemment sur leur parcours des forêts épaisses, où la moindre étincelle peut déclarer un immense incendie, on comprendra que les boîtes à fumée soient munies de pare-étincelles, souvent assez compliqués et qui ont remplacé, dans ces dernières années, l'ancienne cheminée classique en tronc de cône, qui poursuivait le même but.

La disposition adoptée ici est la suivante : la chambre dans laquelle débouche le tuyau d'échappement, à hauteur de la rangée supérieure des tubes, est séparée du reste par une tôle se prolongeant à l'avant par un panier à salade en toile métallique, à mailles de 4 à 5 *mm*.

D'un autre côté, les gaz de la combustion sortant des tubes rencontrent d'abord une plaque de tôle à peu près verticale, qui les force à s'infléchir vers le bas, ce qui facilite le départ des escarbilles entraînées, dont les plus légères sont arrêtées ensuite par la toile métallique.

Cette tôle verticale se démonte quand on veut faire le nettoyage des tubes, qui ne se fait d'ailleurs que rarement; ces tubes, en effet, s'encrassent peu, à cause de la qualité spéciale du combustible et du tirage intense auquel il est soumis.

Avantages de la chaudière surélevée.

Les Américains attribuent de réels avantages à la surélévation de leurs chaudières, qui n'a été qu'une conséquence de l'épaisseur de leurs longerons, conséquence elle-même de leur constante préoccupation de simplifier la construction et de diminuer les prix de montage et d'ajustage, sans regarder à l'augmentation de poids.

On ne peut, en effet, contester que le besoin de maintenir à une faible hauteur le centre de gravité des locomotives a certainement contribué à restreindre la largeur de la chaudière et la profondeur du foyer, et par suite, la puissance de ces machines. Les Anglais, les premiers, s'affranchirent en partie de cette tradition, en construisant des locomotives sensiblement plus élevées que les nôtres; les Américains, aiguillonnés par la nécessité, allèrent plus loin et placèrent franchement au-dessus du chassis la chaudière tout entière, foyer compris, et la pratique a sanctionné cette tentative, puisque deux machines à deux essieux couplés, comme celles du *New-York Central*, et qui remorquent l'*Empire State Express* à une vitesse commerciale de 82 *km* à l'heure, sur des voies à faible dévers, présentent l'axe de leur corps cylindrique à 2,73 *m* au-dessus du rail, cote qui n'avait jamais été atteinte jusqu'à ce jour.

En comparant les ensembles de trois machines : l'ancienne Crampton employée en France, la machine Express de Midland Railway et la locomotive américaine du New-York Central Railwood, on remarque ce qui suit : la machine anglaise est déjà très haute, mais le diamètre du corps cylindrique est inférieur à l'écartement des bandages des roues, dont le diamètre atteint 2,36 *m*. La chaudière américaine est beaucoup plus haute et déborde au-dessus des roues motrices, dont le diamètre n'a rien d'exagéré (2,16 *m*). Pour pouvoir la faire circuler sur nos voies, il faudrait couper à cette machine une partie de la cheminée et le haut du dôme. La génératrice supérieure de l'enveloppe de la boite à feu est à 3,75 *m* au-dessus du rail.

En résumé, il est intéressant, devant ces faits accomplis, d'examiner la question sous sa double face, savoir : si l'élévation du centre de gravité est une bonne chose à tous égards, au point de de vue de la stabilité, de la sécurité, de l'accessibilité des organes, etc., comme le prétendent les Américains; ou si, au contraire, ce n'est qu'un procédé destiné à permettre l'accroissement de la

chaudière et du foyer, et par suite, celui de la puissance des machines, comme on le soutient sur le continent.

Voici quels sont les principaux avantages attribués par les Américains à cette surélévation du centre de gravité :

D'abord d'atténuer l'effort latéral sur le rail, dû au lacet ou à la force centrifuge dans le passage en courbe. Cet effort serait, en effet, maximum si le poids se trouvait au niveau de la voie et minimum, si ce dernier était à l'infini au-dessus de cette voie. Si donc on n'exhausse pas le centre de gravité, de manière à compromettre la stabilité pour les vitesses et les courbes que l'on connaît à la ligne considérée, on a tout intérêt à procéder ainsi, sous réserve de cette limite, afin de diminuer la tendance au ripage des rails.

Puis la surélévation permet de donner à la chaudière un diamètre plus grand, et par conséquent, une puissance plus considérable. Cela est surtout important pour les machines à grande vitesse, qui ont souvent des roues de plus de 2 *m* de diamètre. Ainsi, sur des roues de 2,16 *m*, on peut encore avoir une chaudière dont le diamètre est supérieur à la largeur de la voie.

Enfin, comme nous l'avons déjà dit, le mécanisme est plus accessible et plus visible. En même temps, la machine a une allure à la fois plus imposante et plus légère.

Il ne faut pas oublier d'ailleurs que la surélévation de la chaudière n'entraîne pas un exhaussement aussi important qu'on pourrait le croire, du centre de gravité de tout l'ensemble. Le poids de la chaudière pleine d'eau ne dépasse pas, en effet, en général, le quart du poids total de la machine ; et le centre de gravité des trois autres quarts est toujours fort bas, puisque c'est celui des roues, du châssis, des essieux du mécanisme et des cylindres.

« Soit, par exemple, une locomotive express à quatre roues couplées et à bogies pesant 48 *t* en ordre de marche, possédant une chaudière à foyer profond avec un corps cylindrique de 1,24 *m* de diamètre et des roues de 2 *m*. Le centre de gravité des organes constituant le véhicule et le mécanisme, qui pèsera 36 *t*, sera situé à 98 *cm* environ au-dessus du rail ; le centre de gravité de la chaudière pleine d'eau pesant 12 *t* sera situé à environ 30 *cm* au-dessus de l'axe du corps cylindrique. Si donc celui-ci est placé à une hauteur de 2,10 *m* au-dessus des rails, le centre de gravité de l'ensemble se trouvera à 1,14 *m* seulement du plan des rails. Si l'on mettait l'axe de la chaudière à 2,50 *m* du rail, le

centre de gravité général serait à une hauteur de 1,24 *m* seulement. Autrement dit, comme on pouvait le prévoir, en remontant la chaudière de 40 *cm*, on a seulement surélevé le centre de gravité de la machine de 10 *cm*, soit quatre fois moins. Encore est-ce dans la supposition que la chaudière a été relevée dans toutes ses parties, alors que dans bien des cas, le cadre du foyer reste au même niveau, la boîte à feu devenant simplement plus profonde et le centre de gravité de la chaudière ne se trouvant pas surélevé de la même quantité que l'axe du corps cylindrique.

» Ainsi, dans une machine plus haute qu'aucune de celles qui circulent actuellement en Europe, l'axe du corps cylindrique est à 2,50 *m* au-dessus du rail, le centre de gravité général se trouve placé à une hauteur de 1,24 *m* seulement, très inférieur à la hauteur du centre de gravité des wagons chargés ou des voitures ordinaires de toutes classes et à plus forte raison des voitures de luxe à caisse élevée et lourde. Il circule, sur les grandes lignes, des véhicules dont le centre de gravité est situé à 1,50 *m* et plus au-dessus des rails; pour que celui d'une locomotive, répondant à peu près à la description ci-dessus, se trouvât à la même hauteur, il faudrait que l'axe du corps cylindrique fût reporté à 3,24 *m* au-dessus du rail, cote bien supérieure à celle qui est atteinte dans les machines américaines les plus récentes. »

De tout ce qui précède il paraît résulter que les Américains sont dans le vrai en construisant des machines hautes qui sont les machines de l'avenir même sur le continent.

Véhicule.

Les machines américaines sont disposées de manière à ne jamais présenter de porte-à-faux et à montrer une grande souplesse. Ce dernier résultat est obtenu au moyen d'un bogie placé à l'avant et dont les deux essieux enserrent les cylindres. C'est le cas de toutes les locomotives à voyageurs, à deux et trois essieux couplés, et exceptionnellement de très puissantes machines à quatre essieux couplés. Ou bien on les munit d'un bissel à un essieu placé devant les cylindres comme cela se voit pour la plupart des machines à marchandises à trois essieux couplés type Mogul et des machines à quatre essieux couplés type Consolidation.

On rencontre encore quelques machines à adhérence totale ce sont exclusivement des machines de gares à deux ou tro essieux.

On facilite le passage en courbe dans les machines à trois essieux couplés en supprimant les boudins des roues du centre; dans les locomotives à quatre essieux couplés, quelques constructeurs suppriment les boudins des deux paires de roues intermédiaires ou des second et quatrième essieux.

Longerons.

Les longerons sont uniformément constitués par des barres en fer forgé, de forme carrée ou rectangulaire et présentant une épaisseur de 75 *mm* à 120 *mm* dans les machines à trois essieux couplés. Les plaques de garde ont leur écartement maintenu par des entretoises inférieures. Toute la partie qui entoure les boites et les relie entre elles est venue de forge et composée de pièces soudées. Ce corps principal est lui-même relié au moyen de pattes et de boulons à une entretoise droite fixée elle-même à la traverse avant et aux cylindres.

Le longeron est recourbé à l'arrière afin de permettre le passage avant de la boite à feu dont le cadre se trouve placé au-dessus du châssis.

Dans les machines à quatre essieux couplés, les entretoises des plaques de garde ont une forme un peu différente, et la parties antérieure des longerons est double, de manière à entourer les pattes d'attache des cylindres.

Les deux longerons sont, comme d'ordinaire, reliés entre eux transversalement par un certain nombre d'entretoises en fer forgé et boulonnées. On évite, d'ailleurs, le travail au cisaillement de tous les boulons employés aux assemblages des parties de longerons en passant à travers les joints des clavettes encastrées à mi-épaisseur du fer.

Ces longerons ainsi constitués présentent des avantages et des inconvénients.

Parmi les avantages, nous citerons celui de ne masquer en rien les organes du mécanisme placé entre les roues, qui reste parfaitement visible et accessible. De plus, leur épaisseur dispense de toute glissière rapportée sur les plaques de garde; les faces de ces plaques sont rabotées à l'atelier sur les longerons eux-mêmes et avant le montage, ce qui est une garantie sérieuse contre tout défaut d'ajustage. Enfin les organes accessoires qui doivent s'y fixer, tels que supports, paliers, entretoises, etc., présentent des attaches faciles et économiques.

Quant aux inconvénients, c'est d'abord une rigidité notablement inférieure à celle des châssis européens, surtout à cause du manque d'entretoisement dans les parties extrêmes; mais on sait que la rigidité est une préoccupation secondaire pour les constructeurs américains qui recherchent avant tout la souplesse. Aussi ces longerons ont-ils la réputation, peut-être exagérée en Europe, de ne servir que d'entretoises, le véritable châssis de la machine étant la chaudière.

En réalité, le plus grand inconvénient des longerons américains, réside dans leur épaisseur qui oblige à réduire la largeur du foyer ou à surélever celui-ci de manière à mettre son cadre inférieur entièrement en dehors du châssis, ce qui exhausse considérablement le centre de gravité de tout l'ensemble et paraît, au premier abord, être un grave défaut au point de vue de la stabilité. Nous avons dit que les Américains contestent cet inconvénient, prétendant même que c'est un avantage, et la pratique jusqu'à ce jour paraît, en effet, leur avoir donné raison.

Bogies et bissels.

Tout le monde connaît aujourd'hui dans leurs moindres détails ces trucks articulés à un ou deux essieux qu'on appelle les *bogies* et les *bissels*, nous ne nous y arrêterons donc que fort peu.

Le *bogie* américain, le plus répandu, est simple et léger, entièrement composé de barres en fer forgé ou de fers plats. Le châssis porte en son milieu une crapaudine en fonte destinée à recevoir le pivot fixé sur la machine. Ce poids est transmis aux boîtes à huile de chaque côté par un balancier longitudinal à double flasque, entre lesquelles se trouve un ressort renversé dont les deux extrémités sont articulées à des menottes reliées au balancier. Le châssis du bogie est complètement désintéressé du poids de la machine aux deux extrémités, il ne sert qu'à maintenir l'écartement des essieux.

On voit que ce bogie est complètement dépourvu du jeu transversal; aussi lui préfère-t-on souvent aujourd'hui le système à déplacement latéral avec rappel par menottes inclinées.

On emploie le *bissel* dans les cas où nous ferions usage de boîtes radiales, lesquelles sont totalement délaissées aux États-Unis. Dans le type le plus usité, le truck pivote autour d'une articulation placée à l'avant ou à l'arrière de l'appareil, suivant que celui-ci est lui-même placé à l'arrière ou à l'avant de la machine;

le poids est transmis à l'essieu par un pivot fixe et une platine suspendue à deux barres transversales par quatre menottes inclinées lui permettant d'osciller latéralement. Ces barres transversales reposent sur les dessus des boîtes par l'intermédiaire de balanciers longitudinaux et de ressorts hélicoïdaux. L'inclinaison des menottes est telle, que le système se trouve constamment rappelé par la pesanteur dans sa position moyenne; il ne s'écarte de celle-ci que sous l'action transversale des boudins des roues lors du passage en courbe.

Ce genre de bissel est d'ailleurs connu en Europe, où il est usité avec de légères variantes.

Suspension.

La suspension a dû se préoccuper avant tout de faire face aux difficultés spéciales dues aux voies américaines mal établies, mal entretenues et manquant complètement d'élasticité; si l'on ajoute à cela que les bascules de pesage sont à peu près inconnues, on comprendra le besoin d'appareils permettant à chaque instant une égale répartition des charges sur les différents essieux. De là, l'usage constant de balanciers longitudinaux reliant entre eux les ressorts des roues couplées ainsi que les roues des trucks. On n'emploie jamais de balanciers transversaux.

Dans les machines à deux essieux couplés, les ressorts de suspension sont généralement placés sous les boîtes, reliés par un balancier articulé en un point convenablement choisi, voisin de son milieu, à un support boulonné au longeron et relié aux ressorts par des tirants.

Dans les machines à trois essieux couplés, un second balancier relie le ressort central à celui de l'essieu couplé d'avant.

Quand la locomotive possède quatre essieux couplés, les ressorts des deux essieux arrière sont seuls placés sous les boîtes pour éviter le foyer; ceux des essieux avant se trouvent au-dessus des boîtes.

La charge supportée par les ressorts inférieurs est souvent reportée sur les sommets des boîtes, afin d'éviter une fatigue exceptionnelle des dessous de celles-ci. A cet effet, on fixe la partie inférieure de la bride de chaque ressort à une pièce articulée à deux barres recourbées jusqu'au-dessus de la boîte et cintrées pour permettre le passage de l'essieu.

Afin de pousser le plus possible à l'économie, les attaches des

tiges de traction sur les ressorts ou les longerons, et celles des balanciers de répartition se font rarement à articulation. Le poids se transmet simplement d'un organe à l'autre par des clavettes formant couteaux s'appliquant sur des platines en acier dur rapportées. Ce système simple et primitif est évidemment peu coûteux, mais l'usure des surfaces de contact est très rapide.

Les constructeurs ont été quelquefois contraints de prendre des dispositions spéciales et compliquées de balanciers et de ressorts de toutes formes à cause du foyer plongeant entre les essieux arrière, ou s'étendant au-dessus des longerons. Souvent aussi, le balancier est remplacé par une poutre longitudinale dont les extrémités reposent sur les dessus des boites des deux essieux arrière et qui se trouve chargée en deux points intermédiaires par un grand ressort renversé, dont la bride est articulée sur le longeron.

On fait également usage de la disposition suivante :

Le ressort renversé, placé entre les boites, est articulé, en son milieu, au longeron, et par ses extrémités, à deux leviers chargeant chacun les boites par l'intermédiaire d'un couteau placé à peu près en son centre. L'autre extrémité de chaque levier supporte le poids de la machine par le moyen d'une tige de pression et d'un ressort hélicoïdal.

Les boites à huile ne présentent rien de spécial; quelques modèles récents se font entièrement en bronze.

Roues.

Les roues des machines américaines motrices ou porteuses sont, à de rares exceptions près, toujours en fonte. Il est vrai que c'est une fonte spéciale, très serrée et résistant au choc. Les échantillons de roues sont beaucoup plus forts qu'en Europe.

La jante est creuse ou au moins est munie d'une gorge circulaire, afin d'éviter les soufflures.

Les bandages sont en acier et rapportés. Ils sont généralement tenus à l'aide de doubles agrafes reliées deux à deux par un boulon qui traverse la jante. Ces bandages n'ont jamais moins de 0.075 *m* d'épaisseur et atteignent quelquefois 0,100 *m*.

Mécanisme.

Cylindres.

Nous avons dit précédemment que les machines américaines étaient toujours à cylindres extérieurs avec tiroirs supérieurs actionnés par des excentriques et coulisses intérieures agissant par l'intermédiaire d'un mouvement de renvoi; le tout remarquable par sa légèreté qui frappe à côté des bielles d'accouplement qui sont, au contraire, massives et robustes.

Le massif des cylindres sert d'entretoise aux longerons et remplace en quelque sorte la traverse avant. Il supporte, en outre, la machine sur son bogie par un pivot et constitue l'assise de la chaudière. Le cylindre surmonté de sa boite à tiroir est fondu avec une pièce creuse contenant les conduits d'admission et d'échappement qui, par une bride, sert de support à la chaudière et, par une autre bride se fixe à la pièce semblable venue de fonte avec le cylindre symétrique. Les longerons s'encastrent dans une gorge du cylindre auquel ils sont reliés par de nombreux boulons et maintenus longitudinalement par deux épaulements évitant le travail de ces boulons au cisaillement.

La glace du tiroir supérieur n'est jamais inclinée, ce qui simplifie son ajustage, toutes les faces dressées du cylindre et de ses accessoires étant parallèles ou perpendiculaires. Les parois de la boite à tiroir sont rapportées et traversées par les boulons servant à maintenir le couvercle. Il en résulte un joint de plus, celui de la boite sur la glace, mais cela permet un facile rabotage de la table du tiroir.

En résumé, ce massif avant formant entretoise des longerons est d'exécution beaucoup moins coûteuse que dans les machines européennes à cylindres extérieurs où il est en tôles et cornières rivées. Une seule pièce de fonte de chaque côté de la machine forme à la fois entretoise des longerons et support de la chaudière sur le bogie, en même temps qu'elle contient les conduits d'admission et d'échappement et dispense de toute tuyauterie extérieure.

Les tuyaux d'admission et d'échappement sont placés dans la boite à fumée et viennent se fixer sur des brides spéciales.

Cette disposition est un peu plus lourde que celles qu'on emploie en Europe, mais on sait que les constructeurs américains sont surtout préoccupés de la diminution des frais de montage

et d'ajustage qui leur incombent directement, et ne craignent pas le poids qui est directement payé par l'acheteur.

Les fonds de cylindres et les boîtes à tiroirs sont recouverts de petites enveloppes de fonte mince qui masquent les écrous, et facilitent beaucoup le nettoyage et l'entretien des machines. La robinetterie et les accessoires sont traités avec une simplicité rudimentaire et exclusivement en vue de diminuer les prix de revient. On n'emploie que très peu de bronze et pour ainsi dire pas de cuivre ou de laiton. Les pièces de forme un peu compliquée se confectionnent en fonte et la plupart des tuyaux sont en fer avec coudes de même métal rapportés et vissés comme dans les conduites de freins.

Tiroirs.

Le tiroir employé a presque toujours la même forme; il se fait en fonte ou en bronze.

On fait usage également, quelquefois, du tiroir Trick à deux orifices.

Ces tiroirs sont, autant que possible, équilibrés au moyen d'une glace solidaire du couvercle de la boîte, parallèle à la table du tiroir vers laquelle elle est tournée et où viennent s'appliquer des bagues et des platines en fonte, qui se meuvent avec le tiroir à la partie supérieure duquel elles sont reliées, de manière à former un joint élastique et étanche.

La portion de glace supérieure comprise à l'intérieur de ces bagues n'est pas soumise à l'action de la vapeur. Pour éviter même que des fuites, si légères soient-elles, ne viennent peu à peu rétablir la pression à l'intérieur du compensateur, la capacité centrale de ce dernier est en communication avec l'échappement au moyen d'un petit tuyau extérieur. La surface du tiroir soumise à la pression de la vapeur est diminuée de l'aire comprise à l'intérieur des bagues ou platines constituant le compensateur.

Crosses et glissières des pistons.

Les crosses des pistons et les glissières présentent une assez grande variété de formes; cependant, les glissières les plus usitées sont situées au-dessus de la tige du piston.

L'extrémité postérieure des glissières est boulonnée à un support reposant sur le longeron et fixé à ce dernier au moyen de cornières et de boulons.

Dans d'autres cas, la disposition adoptée ressemble fort à celles :s machines européennes avec glissières placées dans le plan oscillation de la bielle. Les patins de la crosse sont, toutefois, ı peu plus longs que dans nos machines.

Distribution.

Comme nous l'avons dit plus haut, la distribution des machines néricaines est toujours intérieure; le tiroir, surmontant toujours cylindre, est entraîné par un mouvement de renvoi.

Sur l'essieu moteur sont fixés les excentriques dont les barres ›nt rejoindre la coulisse du type Stephenson, qui est actionnée le-même par un levier de relevage avec barre à main. Le cousseau est articulé à l'extrémité inférieure d'un levier articulé ii-même en son centre à un patin fixe. L'extrémité supérieure u levier est articulée à la tige du tiroir.

Le palier d'articulation de ce balancier, appelé *rocking-shaft*, st compris dans la partie moyenne du levier reliant le coulisseau la tige du tiroir, et de longueur suffisante pour lui donner le éport latéral voulu, le plan vertical de cette tige ne coïncidant as avec celui des barres d'excentriques et de la coulisse.

Il est à remarquer, en effet, que, par simplification, il n'y a as de bielle de tiroir; la tige de ce dernier est directement rticulée sur le balancier de renvoi, quoique le tourillon de :lui-ci décrive un arc de cercle. On compte sur l'élasticité de la ge très longue, par permettre le déplacement transversal de tige dû à la corde de l'arc décrit pour le point d'articulation. n outre, il faut se rappeler que tous les presse-étoupes employés ıx États-Unis sont disposés de manière à permettre un certain u latéral à la tige qui les traverse.

Excentriques.

Les colliers d'excentriques sont toujours en fonte; souvent on rapporte une chemise intérieure en bronze.

Les barres sont de dimensions assez faibles et de formes grosères, sans renflements, bossages ni congés; elles sont fixées ans une rainure ménagée sur le côté d'un appendice venu de nte avec le collier, et fixé à demeure à l'aide de trois boulons ansversaux disposés en quinconce. Les axes d'articulation sur coulisse sont de simples boulons avec tête à ergot.

COULISSES.

Les coulisses, généralement en fer cémenté et trempé, sont toujours du type Stephenson à flasque unique et fondue. Elles ne sont, le plus souvent, supportées que d'un seul côté en porte à faux. Chaque œil servant d'articulation aux barres d'excentriques est doublé d'une bague en acier trempé.

Le mécanisme entier de relevage : arbres, barres, etc., est assez rudimentaire et plutôt du domaine de la serrurerie que de la mécanique telle que nous sommes accoutumés à la concevoir en Europe.

En résumé, tout ce mécanisme de distribution est d'une grande légèreté, ce qui s'explique par l'équilibrage des tiroirs au moyen des compensateurs vus plus haut qui diminuent beaucoup l'effort nécessaire à leur entrainement; puis à l'adoption de garnitures métalliques spéciales telles que la *Jérôme* et l'*United States Packing* qui serrent peu les tiges tout en restant parfaitement étanches.

BIELLES.

Les bielles américaines sont excessivement massives et robustes à cause de la rudesse avec laquelle sont construites les machines. Leur section est ordinairement évidée en forme de fer à I. Dans les bielles d'accouplement, les arêtes sont toujours parallèles deux à deux et les corps ne sont jamais renflés, ce qui donne une forme un peu lourde, mais simplifie beaucoup la façon. On enlève, en effet, simplement à la fraise ou à la meule, l'évidement nécessaire pour donner à la bielle la forme en fer à I de section régulière. Les corps de bielles ainsi obtenus sont de grande hauteur presque égale au diamètre extérieur de la tête.

Les têtes sont toujours du type à chapes rapportées et à rattrapage de jeu.

La chape est boulonnée sur le corps au moyen de trois boulons dans les bielles motrices et de deux boulons dans les bielles d'accouplement. Le serrage des coussinets s'obtient au moyen d'une seule clavette, sans contre-clavette. Les chapes sont entièrement finies à la machine, à faces parallèles et à angles droits.

Les graisseurs sont toujours de petites coupes rapportées en bronze, sauf dans les têtes rondes.

Pour les bielles d'accouplement, on emploie de plus en plus les têtes rondes à bagues sans serrage.

La locomotive compound aux États-Unis.

'est en 1886 que la locomotive compound fit, pour la prere fois, son apparition aux États-Unis dans les ateliers de la »ston Albany Railroad ». Le système était appliqué à une male à marchandises à quatre cylindres : deux à haute pression .eux à basse pression; la chaudière était timbrée à 11 *kg*.
ujourd'hui, le système compound commence à se répandre en ›rique comme en Europe.
'abord parmi les machines à deux cylindres, type Mallet, on paraître, en 1889, une locomotive à trois essieux couplés et ie, construite pour le Michigan Central Railroad par l'usine nectady, de New-York. Le petit cylindre a un diamètre fort imtant de 508 *mm*, et le grand cylindre atteint le chiffre énorme 737 *mm*. Elle est munie d'une valve de démarrage système kins.
.e chemin de fer de Chicago-Milwaukee and Saint-Paul mit en ›ice une machine compound à deux cylindres à grande vi›e et à grande puissance, à trois essieux couplés, bogie à l'at et bissel porteur à l'arrière. Cette machine sort des ateliers de ›de Island. Le démarrage est du système automatique, c'est-à› qu'au démarrage, la vapeur est admise dans les deux cydres, et le fonctionnement compound se produit seul quand la ›eur d'échappement du petit cylindre obtient une pression fixée 'avance.
.e New-York New Haven and Hautford Railway a également › en service une locomotive compound à deux cylindres dis›étriques sortant des ateliers de Rhode Island. Elle est du type ›merican » à deux essieux couplés et bogie à l'avant, mais sente avec la précédente beaucoup de pièces interchangeables : ›irs, cylindres, pistons, etc.
'armi les locomotives compound à quatre cylindres, nous de›s citer les machines Vauclain construites par les ateliers .dwin, de Philadelphie, qui est, à proprement parler, une ma›ne du type Woolf.
Ce sont des machines à quatre cylindres disposés en deux ›upes extérieurs au châssis; chaque groupe présente les deux .indres de haute et basse pression, l'un au-dessus de l'autre, grand au-dessus du petit, c'est-à-dire superposés au lieu d'être prolongement l'un de l'autre; ils sont venus de fonte d'une

seule pièce avec leurs boites de distribution, les conduites de vapeur, les tiroirs et plaques d'attaches et de supports. Les tiges de pistons de chaque groupe actionnent une même came portant en son centre l'articulation de la bielle : on sait que c'est ce qui caractérise les machines à double expansion du type Woolf.

La disposition Vauclain, outre ses cylindres superposés, est caractérisée par l'emploi d'un tiroir cylindrique au lieu du double tiroir plan ordinaire. Ce tiroir est un cylindre creux muni de fonds vers chaque extrémité et d'un rebord cylindrique limité par deux cercles joints. La partie médiane du tiroir est évidée extérieurement de manière à laisser un plus large passage à la vapeur d'échappement; les lumières situées respectivement entre chaque paire de rebords ne sont pas obstruées par les côtes qui circonscrivent les trois parties du tiroir. La glace est un fourreau de bronze percé de rangées annulaires de fenêtres correspondant, à partir de chaque extrémité, à l'admission aux deux cylindres, et au milieu de sa longueur à l'échappement. Ces divers canaux se prolongent sur tout le pourtour du fourreau. Cette forme cylindrique, soumise à la pression de tous côtés, donne ainsi un tiroir parfaitement équilibré à son poids près. La tige de ce tiroir peut donc être exécutée très simplement au moyen d'une extrémité filetée et d'un écrou, et l'effort nécessaire au déplacement de cet organe se trouve réduit au minimum. Cela présente d'incontestables avantages pour les pièces de la transmission, la facilité de leur manœuvre et la force qu'elles consomment.

C'est le premier exemple de cette solution souvent proposée, mais non encore réalisée, de cylindres moulés deux à deux avec passage direct et facile d'un cylindre dans l'autre. Or, ce dernier résultat a bien été obtenu, mais grâce à l'emploi d'une pièce des plus compliquées comportant les cylindres, la boite à tiroir et la cavité de la selle, venus de fonte d'une seule pièce. D'ailleurs, d'après M. Mallet, les deux cylindres agissent ainsi aux extrémités d'une même traverse dont le milieu entraine la bielle motrice, constituent un système Woolf inférieur à la disposition en tandem à cause des efforts différents qui, au démarrage, s'exercent sur les deux pistons.

Ce système a été appliqué au chemin de Baltimore and Ohio avec des cylindres de 0,305 à 0,508 *m* de diamètre. Le tiroir cylindrique équilibré est actionné directement par la coulisse; la machine est une « American » à voyageurs, à deux essieux couplés et bogie, du poids total de 47 800 *kg*.

On l'a également employé aux grosses machines à marchandises à cinq essieux couplés du New-York-Erié and Western, mais avec le grand cylindre au-dessus du petit. Le foyer est du type Wooten s'étendant latéralement au-dessus du châssis sans y pénétrer et prenant toute la largueur du gabarit. La cabine du mécanicien est immédiatement devant le foyer à cheval sur le générateur. Le chauffeur se tient sur le tender, la longueur du foyer empêchant la machine d'avoir une plate-forme arrière, ce qui n'est pas sans inconvénient.

Le système a encore été employé comme plus haut avec le petit cylindre au-dessus du grand, à certaines machines à marchandises à quatre essieux couplés à bissel à l'avant, du type Consolidation, employées en Nouvelle-Galles du Sud (Australie); on le rencontre encore, toujours sortant des ateliers Baldvin, sur des machines à foyer Wooten à deux essieux couplés du Philadelphia and Reading, sur des machines à voyageurs du Central Brésilien, et avec le grand cylindre au-dessus du petit, sur les machines à marchandises à quatre essieux couplés et bissel, type Consolidation de la Compagnie Paulista, au Brésil.

Comme type intéressant de la machine compound ou Woolf appliquée en Amérique, nous citerons la disposition Johnstone, construite pour la première fois aux ateliers de Rhode Island.

C'est une machine de Woolf dans laquelle les cylindres en tandem, comme par exemple dans la locomotive du chemin de fer du Nord, ont été télescopés, le grand reculé sur le petit et, par conséquent, le contenant, de sorte que le grand piston est annulaire. La boite de distribution est en dessous et la distribution s'opère par un seul tiroir genre Hick légèrement modifié. La glace est à cinq lumières, les deux extrêmes communiquant avec le cylindre interne à haute pression, les deux lumières intermédiaires avec le grand cylindre de détente, et la lumière du milieu avec l'échappement. Le fond commun des cylindres porte dans le plan vertical, le presse-étoupe de la tige du petit piston au centre, puis de part et d'autre, les consoles venues de fonte auxquelles se fixent les deux guides de la crosse, et enfin les presse-étoupes des deux tiges du piston annulaire ou grand piston. Dans le fond et le couvercle commun sont, en outre, ménagées les conduites de vapeur du cylindre interne, en prolongement de ceux qui sont venus de fonte avec la paroi du grand cylindre; celui-ci, d'ailleurs fait corps avec les conduites d'accès et d'échappement, les consoles, plaques, etc., d'assemblages

des groupes entre eux avec les chassis et le générateur. La paroi du cylindre interne est constituée par un tube en fonte un peu encastré dans le fond, et sur lequel s'applique le couvercle. Autour de ce tube se place de la même manière et sans le toucher, un second tube qui forme la paroi centrale du grand cylindre.

L'inconvénient de tout cet ensemble est d'être un peu trop volumineux.

Dans le type Canfield, les cylindres sont ramenés l'un au bout de l'autre, en tandem, le grand en avant, les deux pistons montés sur la même tige. La distribution se fait au moyen d'un tiroir cylindrique entièrement entouré de vapeur fraiche ou de vapeur d'échappement, à l'intérieur duquel passe la vapeur pour revenir du petit cylindre au cylindre de détente. Ce tiroir est donc équilibré, et son frottement se réduit à celui des garnitures et de son poids; il offre, en outre, l'avantage du réchauffement de la vapeur détendue, diminuant ainsi notablement la condensation.

Enfin, on a construit en Amérique des locomotives compound à huit cylindres; la maison Baldwin en a fourni du système Vauclain, à quatre groupes de cylindres, pour la section accidentée du Sinnemahonning Valley du Pennsylvanian. La machine est portée par deux trucks à trois essieux couplés commandés chacun par deux groupes de cylindres Vauclain, avec petit cylindre au-dessous du grand.

Prix des locomotives américaines.

Les prix des locomotives fabriquées en Amérique sont notablement inférieurs à ceux d'Europe et cela s'explique, car on a supprimé le cuivre pour le foyer et les tubes, et le fer forgé pour les roues. En outre, on a eu généralement soin d'adopter un nombre très restreint de modèles dans chaque usine, ce qui facilite l'entretien, le remplacement des pièces et diminue encore les dépenses.

Le prix du kilogramme varie généralement de 0,80 *f* à 1 *f*.

ANNEXE

Les personnes désirant des renseignements de détails sur les locomotives américaines consulteront avec fruit les ouvrages et études ci-dessous auxquels nous avons fait de nombreux emprunts :

Les Chemins de fer en Amérique, de MM. Lavoinne et Pontzen;

La Chaudière locomotive, de M. G. Richard.

Revue technique de l'Exposition de Chicago : les locomotives, par MM. Grille, Laborde et Falconnet ;

Les locomotives américaines, par M. Demoulin ; *Revue générale des chemins de fer ; Détails de construction des locomotives américaines*, par M. Demoulin ; *Portefeuille des machines*, août et septembre 1895 ;

Avantages de la chaudière surélevée des locomotives américaines, *Génie Civil*, 1895 ;

Étude sur le *Canadian Pacific Railway*, de M. Périssé. *(Bulletin des Ingénieurs Civils.)*

CONSIDÉRATIONS

SUR LES

ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

LE NOUVEL ACCUMULATEUR A "NAVETTES"

DE M. G.-R. BLOT

PAR

M. Georges MARGAINE

L'industrie électrique, dont l'importance croît chaque jour, réclame, dans ses branches diverses, un bon accumulateur. Tous les types construits jusqu'ici n'ont pu lui donner satisfaction, et de nombreux échecs ont discrédité les accumulateurs électriques en général. La durée de ces appareils est toujours insuffisante pour amortir les frais de premier établissement; l'entretien causé par les courts circuits, inversions de polarité, sulfatation des électrodes, est pénible et coûteux.

Malgré ses défauts, l'accumulateur est tellement indispensable que dans les plus mauvaises conditions son usage s'impose. Il est de première nécessité pour la distribution de l'énergie électrique et pour l'éclairage électrique où il sert à la fois d'accumulateur, de régulateur et de transformateur d'énergie. Pour ces usages, à défaut de la grande capacité, on se contente parfois d'appareils solides mécaniquement, capables de durer quelques années. Les deux types d'accumulateurs connus industriellement sont les accumulateurs à sels de plomb rapportés et les accumulateurs au plomb pur à formation naturelle ou accumulateurs genre Planté.

Comparaison des accumulateurs à sels de plomb rapportés aux accumulateurs genre Planté.

Les accumulateurs doivent réaliser certaines conditions de solidité, de durée et de capacité. Les accumulateurs à sels de plomb, quels qu'ils soient (pastilles ou alvéoles) sont mis rapidement

hors d'usage par suite de l'hétérogénéité électrique du système. Les déformations mécaniques des accumulateurs à oxydes tiennent essentiellement au contact toujours imparfait qui met en communication l'électrode avec l'oxyde rapporté. Ce défaut initial de contact augmente fatalement avec le temps, par suite des travaux différents qu'auront à subir la matière active et l'électrode de plomb. Il se forme entre cette électrode et le peroxyde de plomb des bulles gazeuses mauvaises conductrices qui, agissant comme levier entre le support et l'oxyde, activent leur séparation. La matière active tend donc à se séparer de son support qui se déforme, et la plaque participe de moins en moins aux réactions électrolytiques. Le contact initialement mauvais devient de plus en plus défectueux, la lame de plomb se sulfate, et la matière active chassée de ce support imparfait tombe peu à peu. Si la matière ne tombe pas, l'accumulateur n'en sera pas moins en mauvais état et sa capacité diminuera.

Ce premier point essentiel est donc établi, que l'accumulateur à sels de plomb rapportés non seulement ne peut augmenter de capacité, mais que celle-ci diminue avec la durée du fonctionnement. Cet accumulateur présente sa capacité maxima après la formation et celle-ci décroît en service. En effet, dans les accumulateurs à formation artificielle, la couche d'oxyde est toujours trop grande par rapport à la surface active de l'électrode. Ce défaut fondamental provient d'une fausse interprétation d'un principe posé par Planté, disant que la puissance d'emmagasinement de son élément dépendait de l'épaisseur des matières actives (peroxyde de plomb et plomb réduit). Ce principe n'est vrai que si la couche de matière active peut être utilisable dans toute son épaisseur. M. Faure constate lui-même (1) que l'action électrolytique n'a lieu que dans une faible proportion de la masse totale des couches (environ 10 0/0). « J'attribue ceci, dit-il, à la résistance qu'offre une matière quasi solide, comme la mousse de plomb et ses oxydes, à la transmission de l'onde électrolytique; en fait, une partie considérable échappe à l'action du courant. » Cette appréciation de l'auteur affirme l'erreur sur laquelle sont basés les accumulateurs à oxydes rapportés. D'après M. Faure, une épaisseur de 0,5 *mm* seulement sur 5 *mm* d'épaisseur de la couche rapportée participe aux réactions électrolytiques. Nous verrons bientôt que ce nombre est encore trop élevé. La plus

(1) *Annales d'électricité*, 15 avril 1882.

grande partie de la couche d'oxyde (90 0/0 d'après M. Faure) étant inutilisable, constitue un poids mort qui montre la mauvaise utilisation spécifique des accumulateurs à formation artificielle. L'infériorité de ces accumulateurs provient de ce que l'on a pu réaliser : 1° une adhérence suffisante entre la matière active et le support pour assurer au système une bonne conductibilité permanente; 2° la proportion nécessaire d'oxyde à la surface conductrice.

En résumé, en dehors des inconvénients de fonctionnement signalés dans les accumulateurs à oxydes rapportés (crainte des surcharges, des surdécharges, des régimes élevés, du court circuit, du foisonnement et de la destruction rapide des éléments), nous trouvons l'un des importants arguments de notre critique chez le précurseur de l'accumulateur à oxydes rapportés, M. Faure, qui constate en même temps la mauvaise utilisation spécifique de la matière active dans ce type d'élément.

Les accumulateurs à formation artificielle sont de courte durée, ont leur capacité maxima après la formation; le travail de dislocation commence lentement d'abord, puis rapidement, par suite des défauts inhérents à la constitution de l'élément signalés plus haut.

Pour éviter ces inconvénients, nous devons constituer un type d'élément dans lequel il y ait contact intime entre la plaque et le peroxyde de plomb, ce qui n'a jamais lieu avec les oxydes rapportés, quels que soient les procédés en usage, dont plusieurs très ingénieux. La solution de ce point primordial réside dans la formation, par voie chimique ou électrolytique, du peroxyde de plomb sur la plaque même qui constitue l'électrode de l'élément. Le peroxyde de plomb, au lieu d'être juxtaposé mécaniquement à la plaque, est constitué électrochimiquement sur cette plaque, et adhère fortement à l'âme de plomb aux dépens de laquelle il s'est formé; on peut alors forcer les régimes de charge et de décharge.

C'est donc au genre Planté, qui réalise les meilleures conditions de conductibilité électrique, que l'on doit s'adresser pour obtenir un accumulateur rationnel. Un tel élément sera-t-il nécessairement à l'abri du foisonnement? Nous envisageons déjà que les déformations seront moins à craindre dans les types à formation artificielle. Quelles que soient la forme, l'épaisseur et la disposition des électrodes, on ne peut empêcher le foisonnement. Pourquoi poser ce problème impossible à résoudre dans la pra-

tique? Ne pourrait-on pas diriger les déformations au lieu d'essayer en vain de les combattre. C'est la solution qu'a résolue si heureusement M. G.-R. Blot, ingénieur civil, dans son accumulateur à « navettes ». L'accumulateur à navettes joint à une solidité parfaite, aux régimes essentiellement variables de charge et de décharge, une capacité et un rendement supérieurs aux meilleurs types exploités actuellement.

Accumulateurs de M. G.-R. Blot.

Les plaques sont formées par une série de navettes, portant,

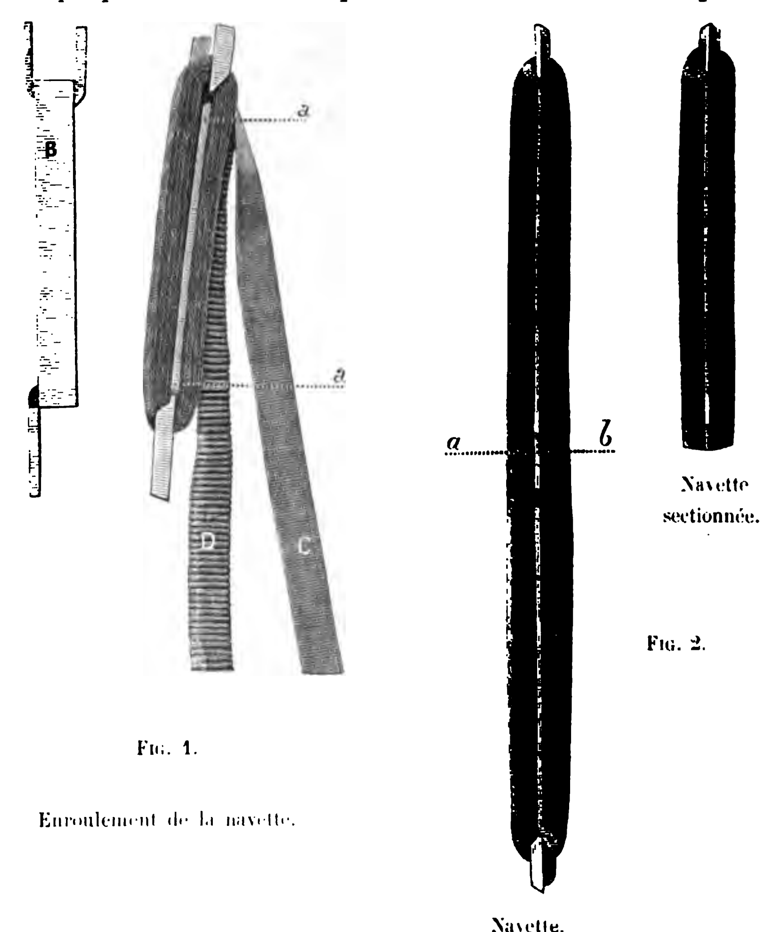


Fig. 1.

Enroulement de la navette.

Navette sectionnée.

Fig. 2.

Navette.

comme le montre la figure 1, enroulées autour de leur âme *a*, *a*, deux rubans C et D de 0,5 *mm* d'épaisseur, l'un D en plomb pur

gaufré et strié, l'autre C en métal moins oxydable ou en plomb pur gaufré seulement.

Les âmes des navettes sont en métal non formable et soudées au cadre, constitué également par du plomb non attaquable (*fig.* 2). Cette ingénieuse disposition, qui permet une grande surface active avec un faible poids de plomb (0,333 m^2 par kilogramme d'électrode), donne une porosité conductrice, grâce à l'extrême division de la matière.

Les navettes, constituées comme le montre la figure 2, sont sciées en deux parties égales suivant la droite *ab*, et chaque partie forme la navette élémentaire qui permet le montage d'un type quelconque de plaque. La figure 3 indique le montage d'une plaque, composée de quatre navettes élémentaires, qui constitue le type demi-plaque unitaire. Les soudures S (en métal non formable) maintiennent l'âme des navettes sur le cadre MNOP; les soudures S', également en métal inoxydable ne subissent aucune altération après une marche prolongée de l'élément. La disposition de navettes indiquée figure 3 dans le cadre MNOP nous montre la plaque libre de se dilater de haut en bas et latéralement; les rubans peuvent foisonner entre eux; ils augmentent librement d'épaisseur et de longueur, mais le cadre conserve toujours sa forme géométrique initiale. Nos expériences ont démontré ce fait que l'élément déchargé à un régime quelconque, jusqu'au court circuit, n'accuse pas la moindre déformation. Les figures 4 et 5 représentent le type plaque unitaire (surface 1 m^2) et le type 1/4 unitaire (surface 0,25 m^2).

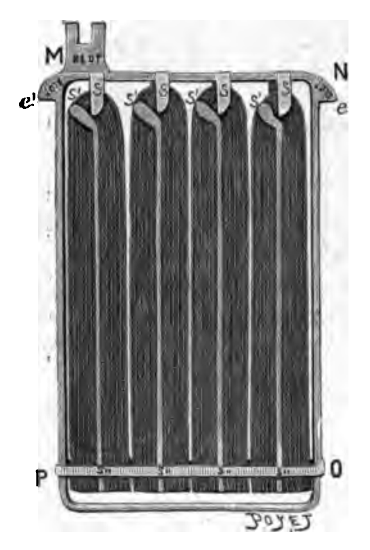


Fig. 3. — Plaque 1/2 unitaire.

Suspension des plaques.

Un des points importants du système est l'ingénieux dispositif qu'emploie M. Blot pour suspendre les plaques dans les vases. Les plaques constituées, comme l'indique la figure 3, sont souenues par leur partie supérieure à l'intérieur du liquide à l'aide

d'un double cadre en plomb dur *cc* (*fig. 6*), maintenu à l'ecartement voulu par deux tiges de plomb filetées *t* fixées par des

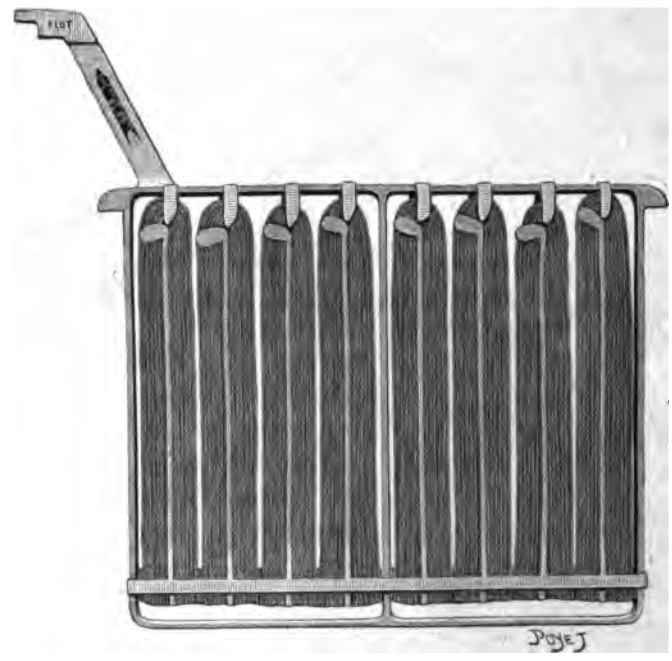


Fig. 4. — Plaque unitaire.

boulons *b*. Ces deux cadres *cc* portent à leurs extrémités inférieures des encoches *e* qui permettent d'y placer deux lames de verre *v*,

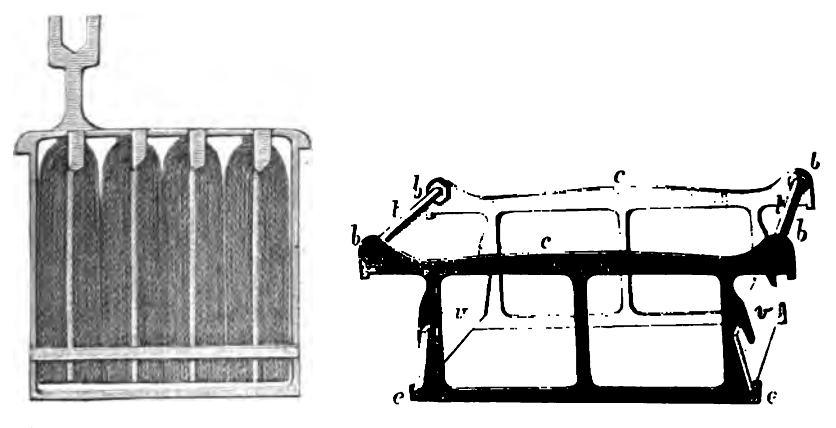


Fig. 5. — Plaque 1/4 unitaire.   Fig. 6. — Suspension.

sur les bords desquelles viendront se poser les talons des cadres, comme le montre la figure 7. Les plaques sont séparées les unes

des autres par des tubes de verre maintenus verticaux entre deux lames de verre reposant sur les cadres des navettes. Les connexions entre les plaques de même polarité sont assurées par des barres de plomb antimonié, de section suffisante, soudées aux queues des plaques. Tout ce système est immergé dans l'électrolyte de

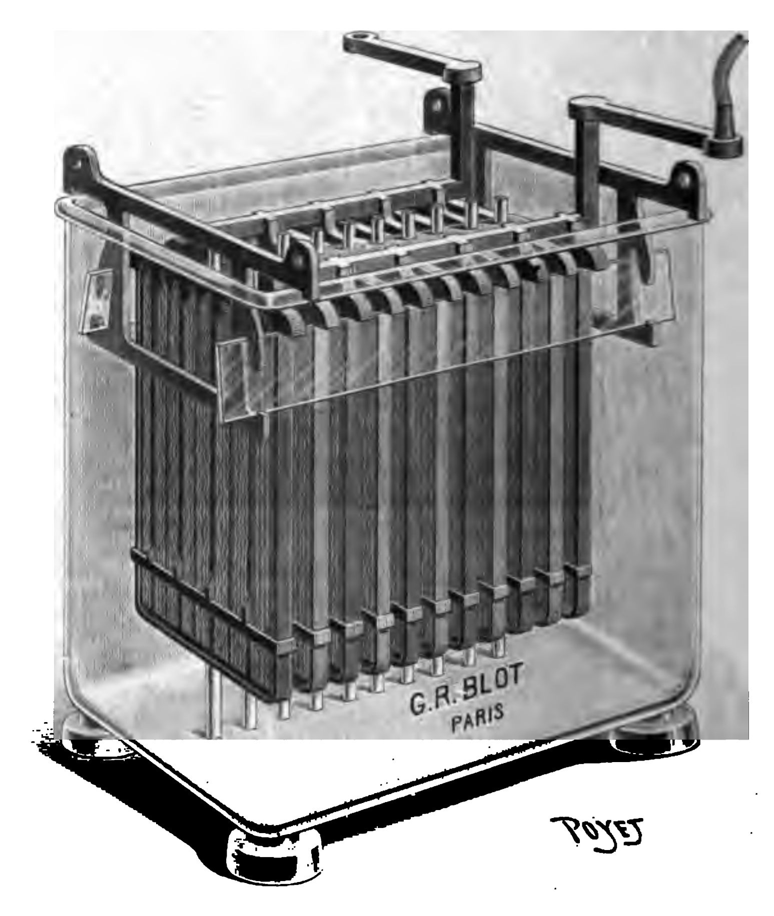


Fig. 7. — Élément monté.

façon à ce qu'il ne sorte du liquide que deux tiges terminales coudées permettant de prendre contact. Ce montage évite toute dérivation de courant entre les plaques. Un espace de plusieurs centimètres est toujours laissé entre la partie inférieure des plaques et le fond du vase afin, d'une part, de laisser libre la chute de matière active dans le cas où elle se produirait; d'autre part, de constituer une réserve d'électrolyte.

Les accumulateurs Blot ont été soumis à de nombreuses expériences :

En premier lieu au « General Post Office » de Londres, sous la direction de M. Preece, où les essais ont duré plus d'une année.

Ensuite au laboratoire du Collège de France, par le professeur d'Arsonval, membre de l'Institut, qui a fait à ce sujet deux communications, l'une à la Société française de Physique (séance du 20 décembre 1895), la seconde à la Société internationale des Électriciens (séance du 5 février 1896).

Enfin de nombreux essais ont été effectués au Laboratoire Central d'Électricité.

M. le Dr d'Arsonval a résumé dans ces différentes communications les résultats obtenus.

Il s'est véritablement ingénié à maltraiter ces accumulateurs, comme M. Preece l'avait fait au « General Post Office », en demandant à ceux-ci des régimes excessifs de débit dépassant 26 ampères au kilogramme d'électrodes. Des éléments ont été laissés en court circuit pendant vingt-quatre heures, puis rechargés, et cette double opération a été renouvelée jusqu'à trente fois, sans qu'on ait pu constater aucune déformation, ni aucun dépôt au fond des vases. D'autres expériences montrent que la durée de la conservation de la charge est très grande. Des éléments chargés le 15 juillet furent déchargés le 20 octobre; ils avaient conservé presque intégralement leur charge. D'autres éléments, chargés également le 15 juillet, n'avaient perdu que le tiers de leur charge au 20 novembre. Enfin deux éléments ont été laisssé presque complètement à sec pendant cette période de quatre mois; remis en expérience et chargés, ils avaient conservé leur même capacité.

La capacité de l'accumulateur à « navettes » est de 10 ampères-heure au kilogramme d'électrode au régime de l'ampère au kilogramme; cette capacité, augmentant avec la durée du fonctionnement de l'élément, peut atteindre 14 ampères-heure. Cette augmentation de capacité nous est signalée par le certificat du Laboratoire Central d'Électricité n° 1452 *ter*, en date du 28 mai 1895.

La capacité de l'élément plaque unitaire, qui était au 12 mars

1895 de 72 ampères-heure (soit 12 ampères-heure par kilogramme d'électrodes), a atteint, au 25 mai 1895, 81,5 ampères-heure (soit 13,8 amperes-heure par kilogramme d'électrodes).

D'autres essais effectués au Laboratoire Central d'Électricité sur le type 1/4 unitaire ont montré les résultats suivants :

	I	II
	—	—
Régime de décharge en ampères rapportés au kilogramme d'électrodes (+ et —)	0,86	1,33
Capacité utilisable en ampères-heure rapportée au kilogramme d'électrodes (+ et —)	19	15,8

M. Blot a construit ces éléments dits à grande capacité; mais se plaçant dans les conditions de l'exploitation industrielle, il n'insiste pas sur ces types spéciaux; considérant en effet que la grande capacité supérieure à 10 ampères-heure au kilogramme comporte peu d'applications et que les véritables caractéristiques intéressantes de l'accumulateur industriel sont la charge et la décharge rapides à régimes élevés, M. Blot réserve la grande capacité (supérieure à 10 ampères-heure au kilogramme) pour les cas particuliers où elle est nécessaire. Le rendement en énergie au régime normal est de 75 0/0 et le rendement en quantité de 90 0/0 au même régime.

Rendements obtenus au Laboratoire Central d'Électricité sur l'accumulateur à « navettes ».

I. — Les charges et les décharges ont été effectuées au régime normal de 1 ampère au kilogramme d'électrodes.

Différence de potentiel fin charge.	Différence de potentiel fin décharge.	Rendement en quantité.	Rendement en énergie.
—	—	—	—
2,50	1,80	0,91	0,75
2,45	1,80	0,93	0,76
2,42	1,80	0,93	0,76

II. — Les charges et décharges ont été effectuées au régime de 0,5 ampère au kilogramme d'électrode.

2,40	1,80	0,94	0,80
2,30	1,80	0,96	0,84

Entre autres applications industrielles de l'accumulateur élec-

trique nous examinerons le problème de la traction. La traction électrique prend, depuis quelques années, un développement considérable; elle exige un accumulateur parfait en tous points. L'accumulateur Blot vient combler une lacune et résoudre les difficultés du problème en apportant les qualités requises. L'énergie à fournir pour mouvoir une voiture est extrêmement variable : l'effort de traction varie continuellement avec l'état de la voie, les rampes, les courbes de faible rayon. L'intensité du courant absorbé dans les électromoteurs passe brusquement d'une valeur nulle aux arrêts à une valeur quintuple de la valeur normale au moment des démarrages. Pour parer à ces variations continuelles et brusques, les générateurs doivent avoir une marche variable et élastique.

Les systèmes de traction électrique peuvent se réduire à deux :

1° Traction par trolley ; ce système consiste à mettre les véhicules en communication avec la source d'énergie située à poste fixe;

2° Traction par accumulateurs; dans ce système, le véhicule est chargé de la source d'énergie.

Quand plusieurs voitures à trolley sont actionnées par la même dynamo motrice, la demande d'énergie s'égalise d'autant plus que le nombre des voitures est plus grand; mais dans le cas général la dynamo motrice doit pouvoir produire instantanément une puissance triple de la puissance normale. La meilleure solution dans ce cas consiste à parer aux variations brusques avec une batterie d'accumulateurs. Cette batterie d'accumulateurs permettra, en effet, de faire fonctionner à régime constant les générateurs, de diminuer leur importance et d'obtenir le maximum de rendement. Nous citerons à titre de document industriel le rapport de l'excursion en Suisse du Comité de mécanique (1) relatant les résultats obtenus à Zurich par la Société d'Œrlikon, qui utilise en usine centrale les accumulateurs dans les conditions que nous indiquons.

« L'expérience indique que l'emploi des accumulateurs amène une économie de 1 *kg* par cheval-heure effectif. Avec 907 chevaux-heure et la houille à 32 *f* la tonne, l'économie annuelle est de 10 000 *f*. Les frais d'installation des accumulateurs étant de 37 000 *f*, on voit qu'avec 5 0/0 d'intérêt et 5 0/0 de réparations,

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France*, de juillet 1896.

l'installation sera payée en cinq ans par les économies de combustible. »

Dans le système de traction par accumulateurs, les véhicules portant eux-mêmes les accumulateurs, les conducteurs étant supprimés, l'indépendance des voitures est complète. Ce système est le seul possible si l'itinéraire est variable (omnibus, navigation). Le grand obstacle qu'on a rencontré dans la réalisation de ce système a été l'imperfection des accumulateurs auxquels on n'ose demander que deux ampères de débit par kilogramme, dont la charge exige plusieurs heures, dont la solidité mécanique est insuffisante pour résister aux chocs répétés.

L'accumulateur Blot, outre sa grande capacité, peut débiter couramment 5 à 6 ampères au kilogramme d'électrodes. La charge de tels appareils peut être faite sur la voiture même en un temps très court (15 minutes). Cette charge rapide permet de placer les accumulateurs à poste fixe sur les voitures. Ce procédé a le double avantage de diminuer les frais d'installation, par l'emploi d'une seule batterie par véhicule, et les frais de manutention.

En résumé, l'accumulateur électrique devra être employé industriellement chaque fois qu'il y aura intermittence dans un travail quelconque parce que dans ce cas il y aura déperdition d'énergie par le fait de la diminution du rendement des machines génératrices qui, alors, ne fonctionneront pas toujours à pleine charge. Dans ces conditions l'on a intérêt, pour obtenir un meilleur rendement des génératrices, à employer une batterie d'accumulateurs que l'on charge avec des unités plus faibles marchant toujours à pleine charge. *A fortiori* ce mode d'exploitation doit-il être employé en station centrale de distribution d'énergie électrique où l'utilisation des machines génératrices est essentiellement variable.

L'accumulateur de M. Blot trouvera une intéressante application en électro-chimie.

Lorsqu'on aura besoin, pour les travaux d'électrolyse de fortes intensités de courant, au lieu de se servir d'une dynamo à grand débit on aura recours à une dynamo de débit moyen qui chargera la batterie d'accumulateurs aux bornes de laquelle on utilisera le courant. L'intensité du courant pourra subir de grandes variations en conservant une différence de potentiel constante aux bornes des bacs d'électrolyse.

Avantages.

ıvantages présentés par l'accumulateur à « navettes » sont
/ants :

ge rapide, élasticité des régimes de charge et de décharge
:ande variation de capacité, bonne utilisation spécifique,
ı, longue durée, augmentation de la capacité avec le temps
:tionnement, absence complète de déformation et de chute
ıère active. Ces qualités spécifiques font de cet accumu-
un appareil réellement industriel se pliant aux exigences
ırvice irrégulier.

avons pensé qu'il était intéressant de présenter au Congrès
ociété des Ingénieurs civils cet accumulateur qui marque
itable progrès dans l'industrie électrique et ses appli-
.

SUITE DE L'ÉTUDE

DE LA

FORCE SIDÉRALE ET MOLÉCULAIRE [1]

NOUVELLES RECHERCHES

SUR

LES FORCES MUTUELLE

ET LEURS APPLICATIONS

PAR

M. P. BERTHOT

Préliminaires.

En 1885, nous avons eu l'honneur d'exposer devant vou développement et les conséquences d'une formule que n avons déterminée empiriquement d'après quelques aper directs. Ce travail, que vous avez bien voulu honorer de v prix annuel, a été, depuis, l'objet d'une note de l'éminent Dir teur actuel de l'École des Mines, M. Haton de la Goupillière, d *la Revue des travaux scientifiques des sociétés savantes (1885)*, publ par le Ministère des Travaux publics. Permettez-nous d'en dé cher les quelques phrases suivantes :

L'auteur de cette note, après avoir parlé de l'établissement la formule, ajoute :

« On retrouve immédiatement la loi de la gravitation lorsq r_0 devient négligeable devant x, ainsi que l'équilibre molécul pour $r = r_0$. Ces deux vérifications ne sauraient à coup sûr, suffi pour donner foi dans la formule. Le mémoire de M. Berthot précisément pour but d'accumuler à cet égard, les concordanc avec des lois connues. Il est juste de dire qu'il les fournit av une profusion vraiment intéressante. Ajoutons, toutefois, que c

1 Voir le *Bulletin* de novembre 1885.

ensemble de considérations ne saurait être regardé comme présentant le caractère d'une démonstration scientifique inébranlable (de la formule)... » et un peu plus loin l'auteur ajoute :

« Tel qu'il est cependant, il serait injuste de lui refuser un réel intérêt pour jeter sur les phénomènes élastiques, physiques et chimiques, certaines clartés et établir un fil conducteur entre les faits en apparence très éloignés les uns des autres. » (1)

Cette critique, à la fois si bienveillante et si bien fondée sur l'établissement de la formule, nous a fait chercher à lui donner une base plus scientifique en nous inspirant d'une part des idées de Laplace sur la recherche des lois naturelles (2) et d'autre part, en songeant qu'admettre l'action à distance et les *transmetteurs* du travail, était, en quelque sorte, faire un double emploi.

Nous avons donc établi notre formule en tenant seulement compte de l'action à distance et de la porosité des corps, aujourd'hui considérée comme démontrée expérimentalement par tous les physiciens, et nous croirions manquer à la reconnaissance que nous vous devons pour la haute récompense que vous avez bien voulu nous décerner, si nous ne vous faisions part de cette démonstration qui donne à cette formule la base mathématique qui lui manquait et si nous ne vous exposions pas les nouveaux travaux auxquels elle a donné lieu de notre part. Ils sont relatifs à la genèse des courants électriques dont nous n'avions pas encore parlé.

Hâtons-nous de dire que ces déductions ne présentent pas la précision des précédentes, car il nous a fallu ajouter aux hypothèses de l'action à distance et de la porosité, celle d'un éther *matériel*, et on sait que le degré de probabilité de l'exactitude d'une formule diminue rapidement avec le nombre d'hypothèses mises en

(1) Indication sommaire des principales lois établies dans notre mémoire de 1885.
Loi de Newton avec toutes ses conséquences; — Changement d'état des corps; — Lois de l'élasticité avec ses limites et sous l'influence des causes extérieures; — Lois de la fusion des solides; — Chaleur latente dûe aux changements d'état; — Lois de Mariotte, de Gay-Lussac, d'Ampère et d'Avogrado ; — Lois de la capillarité; — Lois de Dalton sur le mélange des gaz et des vapeurs; — Point critique des gaz; — Lois de dissolution des solides, des liquides et des gaz ; — Lois de la cristallisation, de l'isomorphisme et du polymorphisme; — Lois des dissociations chimiques, de l'électolyse, des combinaisons chimiques; — Loi de M. Berthelot; — Chaleurs spécifiques; — Loi de Dulong et Petit; — Vitesse du son dans l'air; — Lois de Képler; — Lois des vibrations lumineuses et calorifiques; — Lois de la polarisation et de la double réfraction.

(2) A propos de la recherche de la loi du mouvement des astres, Laplace dit « qu'il importe d'en bannir tout empirisme, et de la réduire à n'emprunter que les données indispensables » et il admet seulement l'action à distance en raison inverse du carré de cette même distance.

jeu pour l'obtenir, mais les résultats, tels qu'ils sont, nous ont paru dignes de vous être soumis.

Nous ajouterons aussi que le nombre de lois que cette formule nous a fournies est tel, que nous n'avons pu résister au désir de l'interroger sur les rayons cathodiques et sur les rayons de Röntgen. Nous vous ferons part de sa réponse. Puisse-t-elle apporter quelque lumière dans ces phénomènes si remarquables !

Enfin, en dernier lieu et suivant ce que prévoyait M. Haton de la Goupillière, cette formule nous a donné l'intuition d'une nouvelle relation astronomique empirique, à laquelle la concordance des chiffres calculés avec ceux résultant de l'observation, paraît devoir assigner un rôle important dans l'étude des phénomènes célestes, aussitôt que la démonstration rigoureuse aura pu en être donnée.

Recherche de la fonction $\varphi(r)$ en admettant seulement l'action à distance et la porosité.

Cette démonstration repose :

1° Sur l'action à distance (admise par Képler, Newton, Laplace, etc.);

2° Sur la porosité des corps (admise par tous les physiciens).

Pour définir cette dernière supposons deux masses M et m liés entre elles, suivant la droite r qui les joint, par une force qui tende à les amener au contact et interposons entre ces deux masses une autre force agissant en sens contraire et empêchant ce même contact, il s'établira un état d'équilibre pour une distance r_0. Si nous étendons cette supposition à un système matériel, l'ensemble de ce système nous donnera un corps *poreux*.

Fig. 1

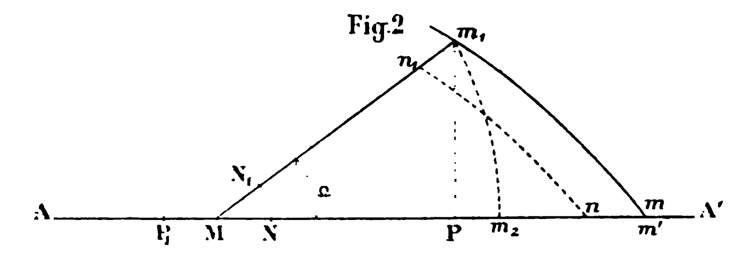
Reprenant nos deux masses primitives M et m, il résulte de la définition que la ligne r qui les joint pourra être regardée comme étant la somme de trois longueurs, savoir :

$MN = mn = r_0$ et Nn longueur complémentaire de r (*fig. 1*).

Prenons maintenant un axe AA' quelconque (*fig. 2*), supposons un rayon vecteur Mm couché sur cet axe et donnons à ce rayon vecteur un mouvement virtuel Ω, la masse M étant considérée comme fixe sur AA' et la masse m comme uniquement soumise à la force mutuelle $\varphi(r)$.

Supposons encore une autre masse $m' = m$, également placée en m et assujettie à se mouvoir sur AA′ comme sur le rayon vecteur.

Donnons à Ω une valeur quelconque, projetons m_1 sur AA′,



prenons $Mm_2 = Mm_1$, et portons à gauche de M une longueur $MP_1 = Pm_2$, ce qui donne $P_1P = Mm_1 = r_1$.

Le glissement de la masse m sur son rayon vecteur, glissement dû à la seule action de $\varphi(r)$, devra par hypothèse être égal à celui de m' sur AA′; m' étant donc venu en m_2, pour que Mm_2 représente le rayon vecteur, il faudra qu'il lui soit superposable dans toutes ses parties, c'est-à-dire que l'on devra avoir :

$$MP_1 = MN = r_0 = Pm_2$$

ce qui aura lieu quand, pour une valeur de r_1, correspondant à un angle Ω_1, on aura la relation :

$$r_1 \cos \Omega_1 + r_0 = r.$$

Cette équation de condition de la porosité devra être satisfaite pour toutes les positions de m' (quand nous ferons croître Ω_1) comprises entre deux valeurs r_1 et r_2, que nous considérerons comme deux valeurs limites du rayon vecteur d'une trajectoire.

Ces valeurs de r_1 et de r_2 pouvant être prises arbitrairement, on aura en posant :

$$\omega = \Omega_1 + \int_{\Omega_1} d\Omega,$$

$\left(\int_{\Omega_1} d\Omega\right.$ comprenant toutes les valeurs contenues entre Ω_1 et Ω_2 et, par suite, toutes les valeurs intermédiaires entre r_1 et $r_2\Big)$, on aura, disons-nous, l'équation de condition :

$$r \cos \omega + r_0 = r, \qquad [1]$$

ce qui veut dire qu'en tenant compte de la porosité, tout se passera, eu égard au *mouvement de glissement*, comme si la masse m se mouvait sur un arc de parabole compris entre les valeurs extrê-

mes r_1 et r_2, parabole dont le paramètre sera $2r_0$, ce qui permet de donner à r toutes les valeurs comprises entre $\frac{r_0}{2}$ et ∞.

En combinant l'équation [1] avec l'équation générale de la force $\varphi(r)$:

$$\frac{\varphi(r)}{M} = m\frac{d^2r}{dt^2}$$

et observant que $\varphi(r)$ est une force centrale, ce qui donne, en appelant K_0 l'aire décrite pendant l'unité de temps :

$$r^2 d\omega = 2K_0 dt.$$

On trouve facilement par un calcul que nous développons dans la note justificative (I)

$$\varphi(r) = \frac{4K_0^2}{r_0} Mm \frac{r_0 - r}{r^3}.$$

Formule identique, aux notations près, à celle que nous avons donnée en 1885.

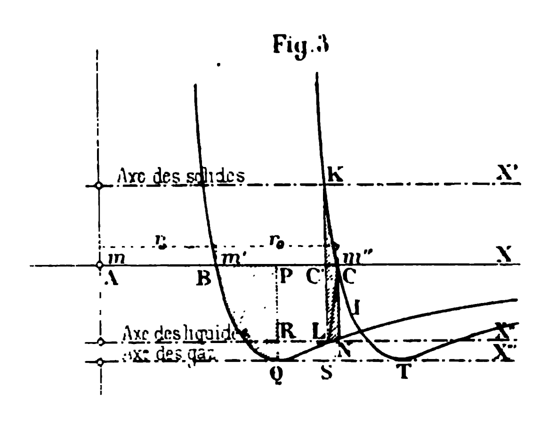
Permettez-nous, maintenant, pour l'intelligence de ce qui va suivre, de rappeler l'énoncé des huit déductions fondamentales qui résultent mathématiquement de cette formule et dont les calculs ont été reproduits dans le mémoire précité et, en partie, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* de 1884 et de 1885.

I. — Si on construit la courbe $y = \frac{r_0 - x}{x^3}$ en bornant l'examen aux valeurs des x positifs, on obtient un tracé dans lequel les valeurs positives des y donnent la force répulsive et les valeurs négatives la force attractive. La courbe part de $y = +\infty$ pour $x = 0$, coupe l'axe des x pour $x = r_0$, présente un minimum pour $x = \frac{3}{2}r_0$ et un point d'inflexion pour $x = 2r_0$; puis les valeurs de y continuent à être négatives, la force restant attractive et l'on a $y = 0$ pour $x = \infty$ (*fig. 3*).

II. — La somme des travaux de la force répulsive depuis $x = \frac{r_0}{2}$, jusqu'à $x = r_0$ est égale à la somme des travaux de la force attractive depuis $x = r_0$ jusqu'à $x = \infty$.

III. — Si on considère trois molécules égales m, m' et m'' placées originairement sur une même droite (*fig. 3*), à une distance r_0

l'une de l'autre, la molécule m'', sollicitée par l'action attractive de m, ne pourra rester en équilibre et se rapprochera de m'; mais l'action répulsive de m' sur m'' se développera, et m'' atteindra une position d'équilibre en un point C', tel que C'K = C'L. Remarquons qu'il se sera produit dans ce cheminement un travail négatif représenté par la surface C'CK et un travail positif beaucoup plus considérable représenté par la surface C'CLN. Par conséquent, pour ramener la molécule dans sa position primitive d'équilibre, il faudra lui fournir un travail représenté par la surface CLN, la ligne courbe CL étant symétrique de la ligne CK.



IV. — La sommation des forces attractives agissant sur m', en supposant une file indéfinie de molécules placées à gauche de cette même molécule m', donne une quantité finie, correspondant à une valeur BC' = 0,73173 ... r_0 (maximum de contraction possible).

V. — Si on prend successivement un nombre de molécules :

1	2	3	10	20	40	∞

on trouve pour la valeur de BC' :

1	0,90	0,80	0,77	0,75	0,74	0,73

qui correspond à une force attractive :

0	0,137	0,391	0,504	0,592	0,631	0,688

Il suffit donc de considérer, au point de vue graphique, un petit nombre de molécules pour pouvoir déterminer les lois résultant de l'action d'un nombre infini de molécules placées en ligne droite, et, en vertu de la conséquence VII, celle d'un corps solide.

VI. — Si on considère une file de molécules s'étendant indéfiniment à gauche d'une molécule m', il existe à droite de cette molécule, et sur la même ligne droite, un maximum d'attraction

situé à une distance 0,4699 ... r_0. Cette proposition étant étendu aux corps solides par la conséquence VII, on doit les considérer comme entourés d'une auréole attractive.

VII. — L'action d'un corps quelconque formé de files de molécules parallèles à trois plans donnés, sur une molécule extérieure M, peut être remplacée par celle d'une file de molécules passant par M et perpendiculaire à l'un des plans. Elle donne en outre, deux composantes dirigées suivant des perpendiculaires aux autres plans. Ces composantes s'annulent dans le cas où les trois plans sont perpendiculaires entre eux, et si, en même temps, $m = m'$.

VIII. — r_0 (distance d'équilibre moléculaire) est une constante de la Nature, c'est-à-dire a la même valeur pour tous les corps.

Nous rappellerons aussi les deux formules relatives : la première à la vitesse que prendraient deux masses soumises à l'action de $\varphi(r)$ à partir de $\frac{r_0}{2}$.

$$V^2 = \frac{4K_0^2}{r_0} M \frac{2r - r_0}{r^2}$$ (n° 72 du mémoire de 1885). La seconde à la trajectoire exprimée en coordonnées polaires :

$$r(1 + \alpha \cos \sqrt{c} . \omega) = \beta$$ (voir note IX dudit mémoire)

que nous développerons ainsi (voyez note II) :

$$r\left(1 + \sqrt{1 + \frac{p}{\mu}(v^2 - v_0^2)} \cos \sqrt{\frac{p}{p - r_0}} . \omega\right) = p$$

formule dans laquelle :

r, est le rayon vecteur de la trajectoire;

p, le demi-paramètre $= \frac{4K'^2}{\mu} + r_0$;

K' l'aire décrite pendant l'unité de temps en vertu d'une vitesse initiale déterminée;

$\mu = \frac{4K_0^2}{r_0} M$, $\frac{4K_0^2}{r_0}$ étant une constante universelle dans le sens absolu du mot (action de l'unité de masse sur l'unité de masse à l'unité de distance);

M, la masse centrale;

v, la vitesse de la masse m sur sa trajectoire;

v_0, la vitesse qu'aurait acquise la masse en mouvement si elle

avait parcouru, sous l'action *unique* de la force $\varphi(r)$, la distance comprise entre $\frac{r_0}{2}$ et r, ou, ce qui revient au même, l'espace partant de $-\infty$ pour aboutir à r.

Les formules ci-dessus nous donneront lieu d'interpréter des quantités imaginaires. Dans ce but nous avons démontré (voir note III) que l'on pouvait déduire toutes leurs propriétés du triangle rectangle et qu'il en résultait, comme conséquence, qu'en mécanique, elles provenaient toujours de ce qu'une ou plusieurs des masses considérées n'avaient pas une puissance vive suffisante pour rendre possible la solution réelle (positive ou négative). Pour fixer les idées, supposons que l'on cherche le temps qui s'écoulerait entre le moment où éclaterait un obus après avoir traversé une plaque de blindage. Si on trouve pour le temps cherché une quantité positive, ce sera la solution à appliquer. Si cette quantité est négative c'est que l'obus, par suite des données du problème, n'a pas eu le temps de traverser la plaque, enfin si la solution est imaginaire, c'est que le projectile ne possède pas la puissance vive nécessaire pour opérer la perforation.

Comme dernier élément utile aux discussions qui vont suivre, nous avons dû faire des recherches sur la puissance vive intérieure des corps. Nous avons repris la question *ab ovo*, en nous aidant, pour les comparer aux théories antérieures émises par différents auteurs, de notre travail sur l'*homonomie*, ou extension de l'homogénéité aux quantités concrètes et abstraites (Voir note IV). Nous nous sommes assurés ainsi des conditions dans lesquelles on pouvait employer les *viriels* dont la théorie a été si controversée, et qui, nonobstant, a donné de si remarquables résultats dans l'étude de la cinétique des gaz (voir note V).

Il en résulte que l'on peut employer, sans restriction, l'expression de $\frac{3}{2}pV$ pour la somme de puissances vives ou viriel extérieur d'un corps quelconque de volume V soumis à une pression p uniformément répartie sur sa surface.

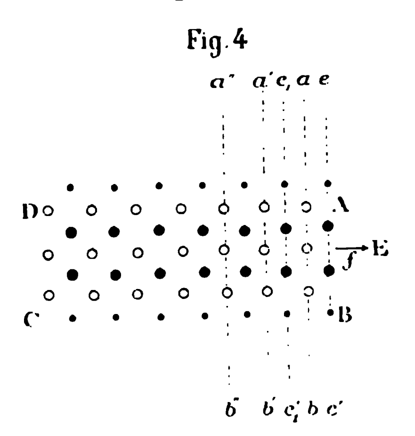
Ces préliminaires établis, nous allons passer à l'examen de la contribution qu'apporte la formule des forces mutuelles à l'étude de l'électricité, à celle des rayons cathodiques et à celle des rayons de Röntgen.

Contribution de la formule $\varphi(r)$ à l'étude de l'Électricité.

Rappelons d'abord que, d'après les conséquences VI et VII, un corps solide ou liquide doit être considéré comme entouré d'une auréole attractive d'intensité variable, et dont le maximum est placé à environ une demi-distance moléculaire de la surface du corps. Pour s'exercer, cette attraction exigera, d'une façon absolue, la présence d'une masse quelconque. Nous admettrons qu'elle sera fournie par celle qui sert à transmettre la force à distance et qui semble consister en un fluide *impondéré* jusqu'à ce jour, auquel nous donnerons le nom d'*éther*. On sait que l'existence de ce fluide est admise par presque tous les physiciens.

D'après la formule fondamentale, chaque molécule oppose une force infinie à son contact avec une autre molécule et peut être considérée comme le centre de forces s'exerçant suivant le rayon de sphères formées de couches homogènes d'une épaisseur infiniment petite. Il en résulte que, dans un corps solide ou liquide, il existera entre ces différentes sphères, et cela quel que soit leur arrangement, des volumes intercalaires dans l'intérieur desquels se trouvera un point soumis à des forces attractives ou répulsives égales et contraires. C'est évidemment en ces points que devront se placer les masses d'éther intermoléculaires.

Pour distinguer ces masses, soumises à l'action des molécules solides ou liquides, de celles de l'éther ambiant, nous leur donnerons le nom d'*éthéries* et nous dirons que celles-ci sont plus ou moins grandes, suivant que les actions qui agissent sur elles sont plus ou moins considérables. C'est ainsi que les éthéries de l'auréole attractive sont plus petites que celles de l'intérieur des corps.

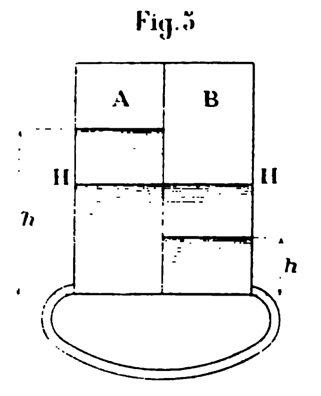


Soit maintenant un corps solide ABCD (*fig. 4*), dont les molécules sont figurées par des cercles et les éthéries par des points noirs; si, par un artifice quelconque, nous supprimons la file de molécules *ab*, celle des éthéries *ee′* deviendra libre et sera remplacée par la

file $e_1e'_1$; pendant ce changement, le travail attractif qui s'était développé entre les éthéries ee' et la file ab sera restitué et se répandra dans l'espace E occupé par l'éther et cela dans le sens indiqué par la flèche; il sera même augmenté de la différence qui existait entre les éthéries $e_1e'_1$ et ee'.

A gauche de la file ab, les phénomènes seront différents. La disparition des molécules qui composaient cette file déterminera la mise en liberté d'un travail considérable, au moins égal à celui qui a été développé pendant la solidification (conséq. III), c'est-à-dire égal à la chaleur latente de fusion. Cette force vive ainsi mise en liberté et qui ne peut s'anéantir, se transmettra dans le sens AD aux files $a'b'$, $a''b''$, etc., et augmentera leurs vibrations moyennes, ainsi que celles des éthéries.

Nous voyons, en nous plaçant toujours dans le cas de la disparition d'une seule file ab, que les éthéries, eu égard à leur petite masse et à leur élasticité supposée parfaite, se transmettront avec une extrême rapidité le travail qu'elles auront reçu, et si cette propagation ne peut avoir lieu au delà de CD, elles se réfléchiront tantôt sur CD tantôt sur $a'b'$ jusqu'à ce qu'elles s'éteignent par suite d'une dispersion extérieure. La vitesse de ces ondes étant considérable et leurs effets se détruisant successivement les uns par les autres, on ne pourra constater aucun courant, à moins que le corps ABCD n'ait une longueur comparable à la distance que l'électricité parcourt dans un temps appréciable.



Pour mieux nous faire comprendre, nous emprunterons à MM. Dumont et Baignères la figure de deux vases dont les extrémités inférieures sont réunies par un tube et qui donnent, par analogie, une idée si précise et si nette des courants électriques (1).

Le côté A nous représentant le corps ABCD, et le côté B la partie extérieure E (*fig.* 5), on voit qu'avant l'enlèvement de la file ab, tout était en équilibre, ce que nous représentons par le niveau d'un liquide HH. Nous avons vu ensuite que l'enlèvement de ab donnait lieu à la mise en liberté de deux travaux, le premier, celui des éthéries, qui élève le liquide dans le vase B et le second, le travail de solidi-

1 Voyez *Guide pratique d'Électricité industrielle*, page 2.

fication, beaucoup plus considérable, qui élève d'une hauteur plus grande le liquide dans le vase A, et finalement les liquides occuperont une position telle que, le volume total n'ayant pas changé, il y aura, entre les deux vases, une dénivellation $h - h'$.

Il est clair que cet état d'équilibre est instable et que le niveau se rétablira dans les deux vases après une série d'oscillations, à moins qu'on ne maintienne constants les niveaux h et h' dans les vases A et B, et, dans ce cas, il se produira un courant continu dans le tube de jonction.

Il sera facile d'obtenir ce résultat avec le corps ABCD qui représente le vase A, en faisant disparaître successivement et incessamment les files $a'b'$, $a''b''$, etc., et en absorbant incessamment dans l'espace E (représenté par le vase B) le travail développé, ce qui pourra se faire soit au moyen d'un électrolyte, soit par une masse conductrice considérable telle que celle de la terre.

Si nous remplaçons l'artifice, d'ailleurs quelconque, que nous avons employé pour supprimer la file ab, par une action chimique, on voit, par l'équation générale du travail dans les réactions (n° 53 du mémoire de 1885) que rien n'est changé dans les conclusions.

Il résulte de ce qui précède que les volts dépendront de la puissance vive imprimée aux éthéries et les ampères du nombre de celles qui seront mises en mouvement, ou, ce qui revient au même, du nombre de molécules contenues dans la file ab.

Comme conclusion de ce qui précède, nous retrouvons la théorie chimique de la pile avec toutes ses conséquences.

Le changement d'axe des liquides, des solides et des gaz (voir III et IV) nous montre que les éthéries seront d'autant plus faibles et d'autant plus éloignées les unes des autres que les molécules matérielles ab, $a'b'$ seront elles-mêmes plus écartées. A la limite, quand celles-ci auront disparu, il n'y aura plus d'éthéries et, par suite, la transmission électrique ne pourra plus avoir lieu, ce qui est conforme à l'expérience.

On voit également que la transmission se fera plus facilement dans les corps isotropes que dans les autres. D'après la conséquence VII, en effet, dans les corps allotropes, les attractions intérieures et extérieures variant suivant les axes, il en sera de même des éthéries; par suite, sous l'influence des ébranlements moléculaires, les ondes pourront interférer, voire même se détruire complètement, comme cela a lieu pour le son dans les milieux inégalement élastiques.

Cette remarque établit immédiatement une distinction entre les orps conducteurs et ceux qui ne le sont pas. Les métaux qui ristallisent dans le système cubique, appartiendront aux preniers, les métalloïdes aux seconds.

Puisque le sens du courant électrique dépend d'après ces conidérations de la dissociation des files *ab* d'avec leurs congénères, et, dans le cas des piles, est dû à l'action chimique, on voit que ertains corps pourront jouer tantôt un rôle électro-positif, tantôt n rôle électro-négatif, selon que cette action chimique sera préondérante sur l'un ou sur l'autre corps. On retrouve ainsi les effets d'*inversion* dans les liquides différents.

Si un courant passe dans un corps dont les molécules sont composées d'atomes combinés (électrolyte) et si le nombre de volts est suffisant pour rompre une des liaisons qui relie un groupe les atomes composant au groupe complémentaire, cette séparation aura lieu et ce sera naturellement celle qui exigera le plus petit effort, c'est-à-dire le moins grand nombre de volts. C'est la *loi de Sprague*.

On voit que, dans un rhéophore de section variable et si une section plus faible succède à une section plus grande, le nombre le molécules, dans cette section (c'est-à-dire, le nombre d'ampères), diminuera proportionnellement et, par suite, en vertu du rincipe de la conservation de l'énergie, l'intensité des vibrations les éthéries ou voltage augmentera en proportion inverse, de telle orte que le nombre de watts restera le même. On observerait un ffet inverse, si une section plus grande était suivie d'une section lus petite. Cette remarque donne la loi de Pouillet et sert de base la théorie des transformateurs.

En supposant un courant établi, il suffira, ainsi qu'on l'a déjà emarqué, d'appliquer les calculs de Fourier relatifs à la propagaion de la chaleur, pour retrouver la loi de Ohm :

$$I = \frac{E}{R},$$

et on sait que l'on peut établir, sans autre hypothèse, toutes les lois de l'électro-cinétique avec les lois de Ohm et de Pouillet (lois de Kirschoff sur les courants dérivés, lois de Thomson, lois d'Ampère sur l'action des courants sur les courants, lois de Weber sur les courants induits, etc.), en un mot, toutes les lois actuellement connues.

Si maintenant nous nous rappelons que dans les corps solides,

les éthéries superficielles sont plus petites que celles qui sont l'intérieur des corps, un ébranlement insuffisant pour appliquer celles-ci un mouvement appréciable, car elles sont en quelque sorte maintenues par les molécules qui composent le corps, pourra néanmoins déterminer celui des éthéries et des molécules extérieures, et, par suite, donner lieu à une propagation superficielle d'électricité. On ne pourra mettre de cette façon, qu'un petit nombre de masses en mouvement; il n'y aura donc qu'un petit nombre d'ampères, mais, par contre, on pourra obtenir un grand nombre de volts, ceux-ci ne dépendant que de l'intensité des vibrations des éthéries, ainsi que nous avons déjà eu occasion de le dire et de le déduire des considérations précédentes. Ces différences sont, ainsi qu'on le sait, celles qui distinguent l'électricité dynamique de l'électricité statique. Il est clair, du reste, qu'en augmentant les ampères aux dépens du voltage, ou inversement, on pourra obtenir des effets analogues de l'une et l'autre électricité.

Il suffira maintenant d'admettre que certains corps mauvais conducteurs jouissent de la propriété de conserver, pendant un temps plus ou moins long, les vibrations des éthéries, ainsi que le font les corps sonores et les corps fluorescents pour des vibrations qui leur sont spéciales, pour retrouver toutes les propriétés des condensateurs.

Nous pouvons conclure de ce qui précède que toute action s'exerçant sur les molécules d'un corps quelconque (chaleur, frottement, etc.) et modifiant, par suite, leurs distances interparticulaires, produira, au même moment, une modification dans ses éthéries, laquelle se traduira par un courant électrique, si le circuit est fermé. Il est aisé, avec cette remarque, de reconstituer toutes les lois des courants thermo-électriques, voire même de leurs inversions, qui pourront se produire aussitôt après que, par suite de l'échauffement de la soudure, de la chaleur spécifique des deux corps, de leurs masses moléculaires et de leur conductibilité, les éthéries du contact auront été animées du même mouvement vibratoire.

Ces résultats sont, du reste, conformes à la théorie généralement adoptée pour expliquer le magnétisme terrestre. On sait que cette théorie est confirmée par la ressemblance des lignes isodynamiques et des lignes isothermiques, mais on peut aller plus loin. En effet, ainsi que nous l'avons déjà dit, les éthéries subissent des modifications sous l'influence des molécules matérielles qui les entourent. Par conséquent, les masses qui com-

terre subissant l'action des marées solaires et des ma-
res, il devra en être de même des variations du courant
ectrique terrestre, ce qui a été reconnu par le colonel
devra aussi en être et il en est effectivement de même
n de tous les phénomènes sismiques et barométriques.
, aussi et on peut admettre comme rigoureusement
r note V) que la puissance vive représentant le viriel
d'un corps d'un volume V soumis à une pression uni-
érieure p est égale à $\frac{3}{2}pV$. En vertu de l'élasticité sup-
faite de l'éther ambiant et de la transmission à distance,
is dont les éthéries intérieures du second seront les $\frac{3}{2}$ de
premier, devront vibrer synchroniquement et si le pre-
soumis à un courant électrique, l'autre *ipso facto*, y sera
t soumis.

part, d'après ce que nous avons vu au n° 52 de notre
de 1885 sur les corps solides, le nombre de leurs molé-
unité de volume varie entre le 0 absolu et l'état de
parfait (équilibre moléculaire) proportionnellement aux
100 et 73; par suite, nous pouvons supposer que le
les molécules peut être approximativement le même
: corps solides pris à la température moyenne de la terre.
là que, pour ces deux corps, les éthéries seront à peu
ortionnelles aux masses par unité de volume, c'est-à-
lensités δ et Δ. Pour qu'il y ait synchronisme entre les
de leurs éthéries, il suffira donc que l'équation suivante
ite :

$$p\delta = \frac{3}{2}p\Delta$$

$$\Delta = \frac{2}{3}\delta,$$

prend pour δ la densité du fer $= 7,8$, seul métal actuel-
connu comme magnétique, d'après les expériences de
n, on trouve pour la densité de la terre $\Delta = 5,2$ nombre
iré à celui généralement admis aujourd'hui (5,50) est
0/0 près.

e donnerons certes pas ce résultat comme une preuve
e de l'exactitude de la théorie que nous venons d'expo-
il y a une coïncidence qui nous paraît d'autant plus

intéressante à signaler que ces vibrations isochrones des éthéries se rapprochent beaucoup de l'hypothèse des *petits courants* d'Ampère, lesquels, entourant les molécules du fer, lui ont servi à en expliquer le magnétisme.

On voit aussi que ce mode de vibration conduit immédiatement à considérer les aimants comme de véritables solénoïdes, ainsi que le fait la science moderne,

Nous résumerons cet aperçu en disant que la formule fondamentale $\varphi(r) = \frac{4k_0^2}{r_0} Mm \left(\frac{r_0 - r}{r^3}\right)$ appliquée à l'hypothèse d'un éther matériel conduit à l'existence des éthéries, au moyen desquelles nous avons pu nous faire une idée de la genèse de l'électricité, déterminer les lois principales des nombreux phénomènes qu'elle nous présente et obtenir finalement une coïncidence de nombres qui ne paraît pas fortuite.

Contribution de la formule $\varphi(r)$ à l'étude des rayons cathodiques et des rayons X.

Ainsi que nous le disions au commencement de ce travail, les nombreuses lois que nous avons pu déduire de la formule $\varphi(r)$, nous ont conduit à rechercher les indications qu'elle pourrait nous fournir relativement aux rayons cathodiques et aux rayons de Röntgen et nous avons pensé qu'elles étaient suffisamment intéressantes pour pouvoir vous être présentées, sous toute réserve, bien entendu.

Dans notre travail de 1885, nous avons démontré que la formule de la trajectoire simplifiée $\rho(1 + \alpha \cos \sqrt{c} . \omega) = \beta$ contenait les deux premières lois de Képler et toutes les principales lois de la lumière, y compris celles de la polarisation et la double réfraction.

Pour la recherche que nous avons entreprise, nous avons dû recourir à la formule complète (Voir note II) :

$$r\left[1 + \sqrt{1 + \frac{p}{\mu}(v^2 - v_0^2)} \cos \sqrt{\frac{p}{p - r_0}} . \omega\right] = p,$$

dans laquelle r représente le rayon vecteur; p, le paramètre; v, la vitesse absolue de la masse en mouvement; v_0, la vitesse que cette même masse aurait acquise en parcourant sous l'action unique de $\varphi(r)$ l'espace $r - \frac{r_0}{2}$; r_0 la distance d'équilibre molécu-

ire et enfin μ, une constante égale à l'action de la masse cen-
ıle sur l'unité de masse en mouvement à l'unité de distance,
ıand r_0 est négligeable par rapport à cette unité.

On peut remarquer immédiatement, ce qui est une vérification,
ı'en négligeant r_0 dans l'expression du paramètre, on retrouve
loi suivante que Laplace a déduite de la troisième loi de Képler,
qui est une vérification :

« Les aires décrites en temps égal, par les rayons vecteurs dans
fférentes orbites, sont proportionnelles aux racines carrées des
ıramètres de ces orbites. »

On a, en effet (voir note II) :

$$p = \frac{4k'^2}{\mu} = \frac{4k'^2 r_0}{4k_0^2 M},$$

où :

$$k' = \frac{k_0 M^{\frac{1}{2}}}{r_0^{\frac{1}{2}}} \times p^{\frac{1}{2}}, \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Si nous examinons maintenant le coefficient de ω, nous voyons
ı'il devient imaginaire pour $p < r_0$, ce qui veut dire que la
ıissance vive de m n'est pas suffisante pour que cette masse
ıisse décrire une orbite autour d'une masse centrale M ; cette
ınclusion est exacte, car la vitesse maximum que puisse prendre
correspond à l'abscisse r_0 (voir fig. 4 du mémoire de 1885).
r, dans le cas où le paramètre serait plus petit que r_0, le rayon
ecteur d'un des sommets serait encore plus petit et l'équation
s aires ne pourrait être satisfaite en ce point, puisque le rayon
ecteur et la vitesse seraient à la fois plus petits qu'au paramètre.
manque donc bien une puissance vive à la molécule m pour
ınchir la trajectoire comprise entre les deux ordonnées au foyer
le sommet le plus rapproché.

Il suit de là que le mouvement orbitaire n'est possible que dans
s liquides et dans les gaz et qu'il se réduit à des vibrations sui-
nt trois axes dans les solides, ce qui fait que ceux-ci conservent
ur forme générale, tant qu'ils ne passent pas à l'état liquide.
est une nouvelle distinction que la formule établit entre cet
at des corps et les deux autres.

Posons maintenant $\sqrt{\frac{p}{p - r_0}} . \omega = \omega'$, ce qui revient à imprimer
ı mouvement de rotation à l'axe primitif des coordonnées polai-

res, ainsi que nous l'avons vu (n° 76) dans notre mémoire de 1885, la formule devra s'écrire :

$$r\left[1 + \sqrt{1 + \frac{p}{\mu}\left(v^2 - v_0^2\right)\cos\omega'}\right] = p,$$

laquelle, suivant le signe de $v^2 - v_0^2$, représente une des trois courbes du second degré.

Rayons cathodiques.

Si donc on fait agir un travail énergique, tel que celui d'un arc électrique, sur un gaz très raréfié, de $\frac{1}{100\,000}$ à $\frac{1}{1\,000\,000}$ par exemple, comme dans les tubes de Crookes, il nous parait admissible de supposer que les molécules de ce gaz pourront prendre une vitesse v plus grande que v_0 et par suite ces molécules décriront des trajectoires hyperboliques. Si nous considérons toutes celles qui ont le même axe, l'angle de leurs asymptotes variera avec la valeur de p, et la cathode, que nous pouvons représenter par une masse M douée d'une puissance vive considérable par rapport à la puissance vive primitive de la molécule gazeuse m, cette cathode, ou mieux le courant qui va de la cathode à l'anode, disons-nous, pourra être considéré comme le lieu des foyers d'une série de branches hyperboliques se confondant à distance avec leurs asymptotes; les molécules gazeuses et par suite les molécules d'éther seront lancées perpendiculairement à ce courant, et on aura une sorte de bombardement moléculaire, que celui des étincelles d'un soleil d'artifice représenterait grossièrement.

Par suite de leurs chocs dus à la différence des angles des asymptotes émises par les mêmes points et par des points différents, ces trajectoires donneront lieu à des composantes transversales que l'on pourra projeter perpendiculairement à la direction du dernier élément qui pénètre dans l'œil de l'observateur et lui feront éprouver une sensation lumineuse, si elles ont une longueur convenable.

Si ces trajectoires rencontrent sur leur chemin des surfaces de niveau de densités croissantes en profondeur, telles que celles que présentent les pôles d'un aimant, elles s'infléchiront sur celles de ces surfaces où elles auront plus de difficulté à pénétrer.

La cathode étant le foyer commun à toutes ces hyperboles, aucune molécule m ne sera en mouvement entre ce foyer et le sommet de l'hyperbole dont le paramètre sera le plus petit, il n'y

aura aucun phénomène lumineux dans cet espace, ou, en d'autres termes la cathode sera entourée d'un espace obscur.

Tous ces phénomènes sont bien ceux observés dans les tubes de Crookes sous le nom de rayons cathodiques.

Rayons de Röntgen.

Si nous faisons passer les trajectoires hyperboliques dans un milieu capable d'absorber l'excès de v^2 sur v_0^2, elles se transformeront en paraboles, et toutes celles qui auront le même axe et un paramètre très petit formeront à faible distance un faisceau de *rayons parallèles*. Ce faisceau sera invisible puisque, par lui-même, il ne pourra donner lieu à des vibrations transversales. Il en résulte que le principe des ondes d'Huyghens ainsi que celui des interférences, et par suite leurs conséquences, ne leur seront plus applicables ; toutefois, les masses animées d'un travail dans le sens de leur propagation seront capables d'en transmettre la totalité ou une partie aux corps environnants (phénomènes actiniques). Ils se comporteront comme de véritables projectiles. La transparence des corps ne jouera plus aucun rôle dans leur propagation, mais seulement leur perméabilité ou mieux leur perforabilité.

Si le mouvement ω' des axes polaires primitifs est uniforme, les faisceaux s'échapperont à des intervalles de temps égaux et donneront lieu, comme dans les tuyaux sonores, à des ondes, qui, eu égard à la vitesse de leur succession, pourront avoir une grande longueur.

Lorsque ces masses douées d'un mouvement rectiligne rencontreront, en traversant un corps, d'autres masses μ' pouvant vibrer harmoniquement, elles pourront leur imprimer des vibrations plus ou moins durables, ainsi que le font par approche les corps sonores, lesquels se font entendre plus ou moins longtemps après leur excitation par un autre corps sonore. Il pourra même en résulter des vibrations transversales pour ces masses μ' et alors le phénomène, connu sous le nom de *fluorescence*, apparaîtra.

Ces corps fluorescents, dont les molécules seront animées de vibrations transversales et longitudinales, pourront produire, si celles-ci ont des longueurs convenables, des phénomènes actiniques.

Cet exposé nous paraît expliquer, avec une certaine facilité, les principales propriétés connues des rayons cathodiques et des rayons de Röntgen, ainsi que les anomalies des expériences qui

ont eu lieu. Ces dernières seraient dues à l'absence d'un appareil analyseur séparant, d'une façon complète, les rayons hyperboliques des rayons paraboliques.

Relation entre le rayon vecteur, la masse et la pesanteur à l'équateur des planètes.

Différentes tentatives infructueuses ont été faites à diverses époques pour trouver une relation entre les distances planétaires. La plus ancienne, à notre connaissance, date de Képler qui avait annoncé qu'il y avait une lacune entre Mars et Jupiter. La seconde qui, jusqu'à la découverte de Neptune, a joui d'une assez grande faveur, parait due à Titius et est connue sous le nom de loi de Bode, qui l'a vulgarisée ; elle est aujourd'hui complètement abandonnée au point de vue théorique.

Elle était ainsi formulée :

$$R = \frac{1}{10}(4 + 3 \times 2^{n-2}),$$

n représentant le rang de la planète.

Cette loi ne visait, comme on le voit, que le rang de la planète.

Certaines déductions théoriques, émanant de notre formule, nous ont conduit à supposer qu'il pouvait exister une relation $\frac{R}{m} = f(p)$ entre le paramètre R de la planète, sa masse m, et la pesanteur p à sa surface. Les faits ont répondu à notre espérance.

Si on prend pour abscisses les pesanteurs p des planètes et pour ordonnées les valeurs de $\frac{R}{m}$ (*) en portant négativement celles qui correspondent $p \geqslant 10$ (10 représentant la pesanteur à la surface de la terre), on voit que les points ainsi obtenus tombent tous, à très peu près, sur un arc elliptique dont le grand axe est au petit axe dans le rapport de $\sqrt{2}$ à 1. Nous en donnons l'équation un peu plus loin.

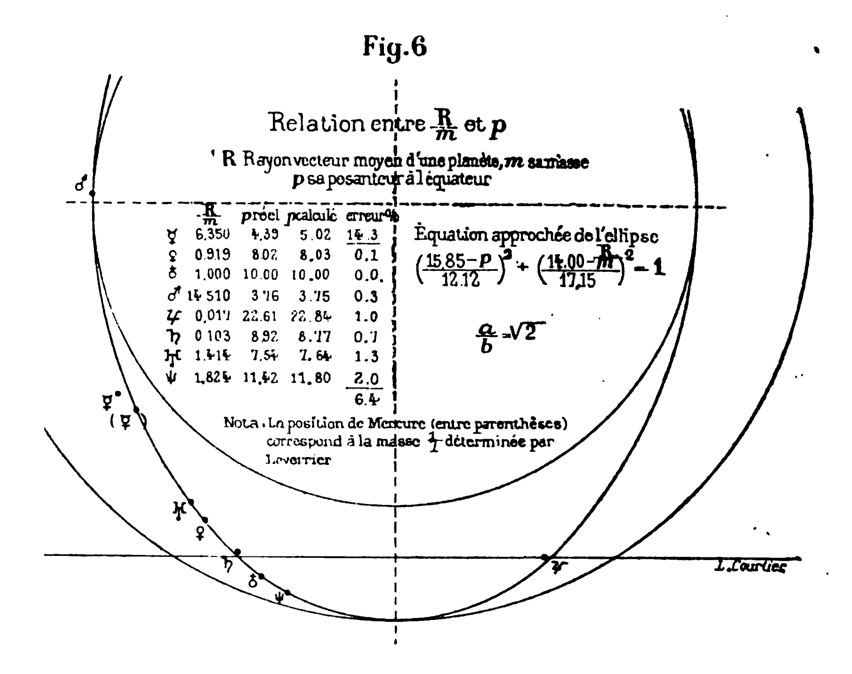
On peut juger de la différence d'approximation entre la loi de Bode et la courbe ainsi obtenue par le tableau suivant :

(*) Au lieu de prendre R = $\frac{1}{2}$ paramètre, nous avons pris pour nos calculs le demi grand axe moyen qui en diffère très peu et est donné dans l'*Annuaire du bureau des longitudes* de 1896. C'est à cette publication que nous avons emprunté également les valeurs de m et de p.

	Loi de Bode			Loi nouvelle		
	R calculé	R réel	Erreur 0/0	p réelle	p calculée	Erreur 0/0
☿	0,55	0,39	41,0	4,39	5,02	14,0
♀	0,70	0,72	2,8	8,02	8,03	0,1
♁	1,00	1,00	0,0	10,00	10,00	0,0
♂	1,60	1,52	5,2	3,76	3,75	0,3
♃	5,20	5,20	0,0	22,61	22,84	1,0
♄	10,0	9,54	4,8	8,92	8,77	1,7
♅	19,6	19,18	2,2	7,54	7,64	1,3
♆	38,8	30,04	28,0	11,42	11,80	2,0

est à noter que, si on prenait pour **masse de Mercure celle** vée par Leverrier, soit 0,71, cette **planète tomberait exacte-**

Fig.6



t sur la courbe ainsi que l'on peut **s'en rendre compte par la** e 6.

ı peut remarquer en outre, que :

R étant proportionnel au **carré de l'aire décrite par la pla-** pendant l'unité de temps ;

2° $\frac{R}{m}$, égal à l'inverse de la puissance vive de cette planète dans son mouvement orbitaire; et,

3° p étant égal à $\frac{m}{\rho^2} - m\omega^2\rho$.

m étant sa masse, ρ son rayon équatorial et ω sa vitesse de rotation sur son axe,

la courbe : $$\left(\frac{15,85 - p}{12,10}\right) + \left(\frac{14,00 - \frac{R}{m}}{17,15}\right)^2 = 1,$$

dans laquelle : $$17,15 = 12,10 \times \sqrt{2},$$

établit des relations entre toutes ces quantités (*).

C'est à ce point de vue que l'on peut, en quelque sorte, prévoir, ainsi que nous le disions au commencement, l'importance de cette loi empirique le jour où on en aura trouvé la démonstration.

Permettez-nous, en finissant, de remercier M. le Président et MM. les Membres du bureau d'avoir autorisé la présentation de ce mémoire devant le Congrès; nous avons aussi à remercier M. Bertrand de Fontviolant qui a bien voulu relire une partie de ce travail et nous signaler quelques points à élucider et enfin à vous adresser toute l'expression de notre gratitude pour la bienveillante attention que vous avez bien voulu nous accorder.

(*) Depuis cette communication, nous avons reconnu que l'on pouvait placer les planètes avec une approximation égale pour p, sur une parabole dont l'équation serait $\frac{R}{m} + 2 = 51,2 \left(l \cdot \frac{1}{p} + 0,14\right)^2$, ou sur une hyperbole ayant pour équation : $\left(\frac{R}{m} + 4\right)^2 - \left(\frac{10}{p} - 8\right)^2 = 4$, [$p$ de la terre étant pris pour unité).] Les résultats sont appelés à être publiés très prochainement dans le *Bulletin astronomique*.

NOTES JUSTIFICATIVES

Note I

Calcul de la fonction $\varphi(r)$.

ıt les trois équations dont la première est l'équation de on de la porosité (page 55) :

$$r \cos \omega + r_0 = r, \qquad [1]$$

$$\frac{\varphi(r)}{M} = m \frac{d^2r}{dt^2}, \qquad [2]$$

$$r^2 d\omega = 2k_0 dt. \qquad [3]$$

ons la formule [1] sous la forme :

$$\cos \omega = 1 - \frac{r_0}{r}; \qquad [4]$$

; en la différentiant :

$$-\sin \omega \, . \, d\omega = r_0 \frac{dr}{r^2},$$

çant $d\omega$ par sa valeur tirée de [3] :

$$-\sin \omega \frac{2k_0 dt}{r^2} = r_0 \frac{dr}{r^2},$$

$$\frac{dr}{dt} = -\frac{2k_0}{r_0} \sin \omega, \qquad [5]$$

ın qui, différentiée une seconde fois, donne :

$$\frac{d^2r}{dt} = -\frac{2k_0}{r_0} \cos \omega \, . \, d\omega,$$

çant, d'après [4] et [3], les valeurs de cos ω et de $d\omega$, on a :

$$\frac{d^2r}{dt} = -\frac{2k_0}{r_0}\left(1 - \frac{r_0}{r}\right) . \, 2 \, . \, k_0 \, . \, \frac{dt}{r^2},$$

$$\frac{d^2r}{dt^2} = \frac{4k_0^2}{r_0} \, . \, \frac{r_0 - r}{r^3},$$

ıprès [2], donne finalement :

$$\varphi(r) = \frac{4k_0^2}{r_0} Mm \, . \, \frac{r_0 - r}{r^3}. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

NOTE II

Calcul de la trajectoire.

On pourrait prendre la formule de la page 625 du mémoire de 1885 et y remplacer α, c, β, puis a et b, par leurs valeurs, mais il est aussi simple de refaire le calcul complet.

Soit donc l'équation du travail élémentaire dû à la force $\varphi(r)$ exprimée en coordonnées polaires :

$$\frac{4k_0^2}{r_0} Mm \frac{r_0 - r}{r^3} dr = mv \,.\, dv, \qquad [1]$$

et les équations générales de la loi des aires et de la vitesse :

$$r^2 d\omega = 2k' dt, \qquad [2]$$

et

$$v^2 = \frac{dr^2 + r^2 d\omega^2}{dt^2}; \qquad [3]$$

en intégrant [1] et en posant pour simplifier :

$$\frac{4k_0^2}{r_0} M = \mu, \qquad [4]$$

(μ représentant l'action l'unité de la masse centrale M sur l'unité de masse de m à l'unité de distance), on a, disons-nous, en intégrant et en supprimant le facteur commun $\frac{1}{2}$:

$$v^2 = \mu \frac{2r - r_0}{r^2} + C. \qquad [5]$$

Éliminant dt entre [2] et [3], il vient d'autre part :

$$v^2 = 4k'^2 \left[\frac{dr^2}{r^4} \cdot \frac{1}{d\omega^2} + \frac{1}{r^2}\right] = 4k'^2 \left[\left(d\,\frac{1}{r}\right)^2 \frac{1}{d\omega^2} + \frac{1}{r^2}\right], \qquad [6]$$

égalant [5] et [6], c'est-à-dire les deux travaux :

$$\mu\,\frac{2r - r_0}{r^2} + C = 4k'^2 \left[\left(d\,.\,\frac{1}{r}\right)^2 \cdot \frac{1}{d\omega^2} + \frac{1}{r^2}\right],$$

d'où : $$\frac{C}{4k'^2} + \frac{2\mu}{4k'^2} \cdot \frac{1}{r} - \left(\frac{\mu r_0}{4k'^2} + 1\right)\frac{1}{r^2} = \left(d\,\frac{1}{r}\right)^2 \cdot \frac{1}{d\omega^2},$$

d'où : $$d\omega = \frac{\pm\, d\,\frac{1}{r}}{\sqrt{\frac{C}{4k'^2} + \frac{2\mu}{4k'^2} \cdot \frac{1}{r} - \left(\frac{\mu r_0}{4k'^2} + 1\right)\frac{1}{r^2}}},$$

lont l'intégrale connue est :

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{\frac{\mu r_0}{4k'^2} + 1}} \text{ arc . cos } \frac{\frac{2\mu}{4k'^2} - \left(\frac{\mu r_0}{4k'^2} + 1\right)\frac{2}{r}}{\sqrt{\frac{4}{16}\frac{\mu^2}{k'^4} + \frac{4C}{4k'^2}\left(\frac{\mu r_0}{4k'^2} + 1\right)}} + C'.$$

Par suite, en choisissant l'origine de façon que pour arc $= 0$, $= 0$, on a $C' = 0$, d'où :

$$r\left[-\frac{\mu}{4k'^2} + \sqrt{\frac{\mu^2}{16k'^4} + \left(1 + \frac{\mu r_0}{4k'^2}\right)\frac{C}{4k'^2}} \cdot \cos \sqrt{1 + \frac{\mu r_0}{4k'^2}}\, \omega\right]$$
$$= -\left(1 + \frac{\mu r_0}{4k'^2}\right);$$

visant par $-\frac{\mu}{4k'^2}$ et posant :

$$\frac{4k'^2}{\mu} + r_0 = p, \qquad [7]$$

ı a : $$r\left(1 + \sqrt{1 + \frac{p}{\mu} C} \cdot \cos \sqrt{\frac{p}{p - r_0}} \cdot \omega\right) = p. \qquad [8]$$

Appelons maintenant, dans l'équation [5], v_0 la vitesse qu'au-ıit acquise la masse m, si elle avait parcouru sous l'action uni-ıe de la force mutuelle et par un mouvement de glissement ır le rayon vecteur la distance comprise entre $\frac{r_0}{2}$ et r, ou, ce ıi revient au même, entre ∞ et r, et posons :

$$v_0^2 = \mu \frac{2r - r_0}{r^2},$$

(ce qui revient à compter les vitesses à partir de $\frac{r_0}{2}$).

Retranchant terme à terme cette équation de l'équation [5] on ı déduit :

$$v^2 - v_0^2 = C,$$

ıleur qui, substituée dans [8], donne finalement :

$$r\left(1 + \sqrt{1 + \frac{p}{\mu}(v^2 - v_0^2)} \cos \sqrt{\frac{p}{p - r_0}} \cdot \omega\right) = p. \qquad [9]$$

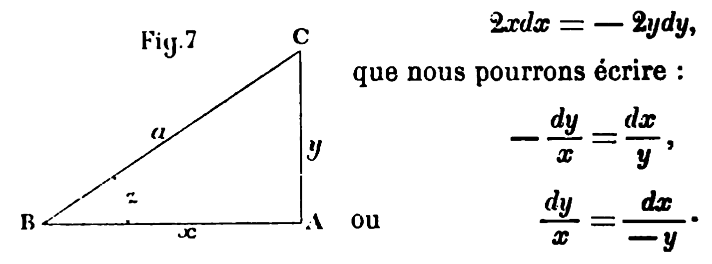
NOTE III

Des quantités imaginaires et de leur interprétation en général et en mécanique en particulier.

Posons l'équation suivante tirée du triangle rectangle ABC (*fig.* 7) :

$$x^2 - a^2 = -y^2, \qquad [1]$$

Différentions cette équation, nous aurons :



$$2xdx = -2ydy,$$

que nous pourrons écrire :

$$-\frac{dy}{x} = \frac{dx}{y},$$

ou

$$\frac{dy}{x} = \frac{dx}{-y}.$$

Remplaçons x et y par leurs valeurs tirées de [1] et divisons le numérateur et le dénominateur par a, nous aurons, en remarquant que :

$$-y = \sqrt{-1}\sqrt{x^2 - a^2},$$

$$\frac{\frac{dy}{a}}{\sqrt{1 - \frac{y^2}{a^2}}} = \frac{\frac{dx}{a}}{\sqrt{-1}\sqrt{\frac{x^2}{a^2} - 1}},$$

équation qui, intégrée, donne, en appelant z l'arc dont le sinus est $\frac{y}{a}$:

$$\pm z = \frac{1}{\sqrt{-1}}\, l.\left(\frac{x}{a} \pm \sqrt{\frac{x^2}{a^2} - 1}\right) + C,$$

$$= \frac{1}{\sqrt{-1}}\, l.\left(\frac{x}{a} \pm \sqrt{-1}\,.\,\frac{y}{a}\right) + C,$$

$$= \frac{1}{\sqrt{-1}}\, l.\left(\cos z \pm \sqrt{-1}\sin z\right) + C. \qquad [2]$$

Remarquant maintenant que pour $z = 0$, on a $C = 0$, et passant des logarithmes aux puissances, on a la formule bien connue d'Euler :

$$e^{\pm z\sqrt{-1}} = \cos z \pm \sqrt{-1}\sin z, \qquad [3]$$

équation qui renferme toutes les propriétés des quantités imaginaires.

Il résulte de ce calcul :

1° Qu'on peut considérer les quantités imaginaires comme étant le côté d'un triangle rectangle, résultant de l'opération algébrique qui a consisté à retrancher le carré fait sur l'hypothénuse du carré fait sur l'autre côté.

2° Que cette considération permet de retrouver toutes les propriétés de ces quantités avec toutes leurs conséquences.

3° Qu'il permet de saisir le lien *géométrique* qui existe entre les fonctions circulaires et les fonctions logarithmiques.

En géométrie, il existe, ainsi qu'on le sait, trois unités essentiellement différentes, qui servent à mesurer les lignes, les surfaces et les volumes, mais, *analytiquement*, il existe un second groupe d'unités correspondantes s'appliquant aux lignes, aux surfaces et aux volumes *qui font défaut*, telle que, par exemple, l'unité de volume qui sert à mesurer un vide, lequel ne se présente à nous qu'à cause du volume réel qui l'entoure.

Remarquons maintenant que, lorsqu'on cherche par des extractions de racine, la longueur correspondant au côté d'un carré ou d'un cube, les conventions de l'écriture algébrique amènent une confusion dans les quantités négatives correspondant aux lignes ($-a$) et aux côtés des cubes ($\sqrt[3]{-a^3} = -a$), confusion qui n'existe pas pour les côtés des surfaces ($\sqrt{-a^2} = a\sqrt{-1}$). Ces dernières portent donc avec elles un signe indélébile de leur origine et de leur incompatibilité qui est la source de toutes leurs propriétés (1).

En tant qu'unités, elles sont évidemment soumises à toutes les règles d'un calcul quelconque, et toutes ces règles leur sont applicables.

Pour les solutions linéaires, nous avons donc quatre sortes d'unités qui peuvent, d'après la formule [3], être représentées par la formule générale :

$$x = \pm a \pm b\sqrt{-1}, \qquad [4]$$

(1) Cette confusion disparait quand on prend les logarithmes des quantités négatives et des quantités imaginaires, car, dans ces deux cas, les logarithmes sont imaginaires, ainsi qu'on peut s'en rendre compte en faisant successivement $z = \frac{\pi}{2}$ et $z = \pi$ dans la formule [3].

qu'on peut traduire géométriquement en posant :

$$\text{tang}\, z = \frac{b\sqrt{-1}}{x} = \frac{y}{x}.$$

Il est facile de voir l'origine de la formule [4] et d'y remonter. En prenant, en effet, $\frac{\xi^2}{1^2} = \frac{x}{1}$, $\frac{\alpha^2}{1^2} = \frac{a}{1}$ et $-\frac{\beta^2}{1^2} = \frac{b\sqrt{-1}}{1}$ et substituant ces valeurs dans [4] on retrouve immédiatement la formule [1] sous la forme :

$$\xi^2 - \alpha^2 = -\beta^2.$$

Il en résulte comme conséquence qu'un monôme d'un degré quelconque peut être considéré, au point de vue géométrique ou analytique, comme le produit de facteurs évalués en fonction d'une ou de plusieurs des unités que nous venons de définir.

Interprétation des solutions imaginaires.

De tout ce qui précède, on peut conclure d'une manière générale que, lorsqu'on rencontre dans un problème une quantité imaginaire, il faut tout d'abord rechercher si cette quantité élevée au carré, correspond à une quantité réellement existante, telle qu'une surface en géométrie. S'il en est autrement, on trouvera certainement, parmi les quantités dont la quantité imaginaire est fonction, au moins une quantité qui, élevée au carré, aura cette existence réelle. C'est cette dernière qui fait défaut dans la mise en équation du problème.

En mécanique, par exemple, toutes les unités étant reliées par les relations fondamentales :

$$F = m\frac{dv}{dt}, \qquad \text{et} : v = \frac{ds}{dt},$$

si on trouve F, m, t ou s imaginaire, cela voudra dire qu'il manque une certaine puissance vive pour que le problème ait une solution réelle, ce qui pourrait, du reste, se démontrer directement, car, par des multiplications convenables par $\sqrt{-1}$, on pourrait toujours obtenir F, m, t ou s en fonction de $(\pm v)\sqrt{-1}$ qui élevé au carré donnera : $-v^2$. Nous avons toutefois cru intéressant d'entrer dans les développements précédents. (Voir l'exemple, page 59.)

NOTE IV.

Homonomie.

ıarquons qu'il résulte de la définition des nombres *concrets* celle des nombres *abstraits*, qu'on peut toujours les trans- r entre eux en les divisant ou en les multipliant par l'unité ète.

peut donc toujours considérer les nombres abstraits comme ombres concrets et réciproquement.

s tous les cas, si on suppose plusieurs monômes formés du it de nombres concrets, il est clair qu'on ne pourra (sauf s particulier dont nous parlerons tout à l'heure) en faire la e, qu'à la condition que chacun de ces monômes contienne es facteurs concrets différents existant dans tous les autres.

l'instant donc qu'on réunit plusieurs monômes par le $\pm$, *ipso facto*, ils deviennent tous de *même degré* et de *même* en appelant *ordre*, le nombre d'unités concrètes différentes ues dans un des monômes. Nous dirons alors que le poly- est homonôme (ὅμος νόμος), réservant le mot *homogène* pour onômes de même degré, et l'homogénéité devient, un cas ulier de l'homonomie. Cette observation peut s'appliquer uantités abstraites, puisqu'on peut les transformer en quan- concrètes.

st toutefois un cas particulier formant exception pour les ômes. Il est évident que l'on peut, en effet, additionner un ôme homonôme avec des polynômes non homonômes entre à la condition que chacun des polynômes partiels soit égal le polynôme total sera égal à 0.

iproquement, un polynôme non homonôme devra être égal insi que chacun des polynômes homonômes qui le com- t, sans quoi, après les réductions, on aurait une égalité des quantités concrètes de nature différente, ce qui serait de.

aircissons ceci par un exemple :

pposons qu'on demande ce qui restera de 10 000 rations, qu'on aura nourri 50 hommes pendant 5 jours, à raison de ions par jour et par homme; on ne pourra écrire :

$$10\,000^{\text{rations}} - 50^{\text{hommes}} \times 2^{\text{rations}} \times 5^{\text{jours}} - x^{\text{rations}} = 0,$$

mais bien :

$$10\,000^{\text{rations}} \times 1^{\text{homme}} \times 1^{\text{jour}} - 50^{\text{hommes}} \times 2^{\text{rations}} \times 5^{\text{jours}} - x^{\text{rations}} \times 1^{\text{homme}} \times 1^{\text{jour}} = 0,$$

équation qui résulte de l'évanouissement des dénominateurs dans la mise en équation du problème, par la méthode de réduction à l'unité :

$$10\,000^{\text{rations}} - \frac{50^{\text{hommes}}}{1^{\text{homme}}} \times 2^{\text{rations}} \times \frac{5^{\text{jours}}}{1^{\text{jour}}} - x^{\text{rations}} = 0.$$

Il est clair que nous pourrons ajouter à ce polynôme des équations telles que les suivantes :

$$\sin^2 z + \cos^2 z - 1 = 0, \qquad a^x - b = 0, \qquad v - l.u = 0$$

et que le polynôme total sera égal à 0.

Si donc nous considérons un polynôme hétéronôme quelconque, tant comme ordre que comme degré et nombre d'inconnues, il faudra, sous peine d'avoir écrit une absurdité, que nous puissions l'égaler à 0 et, par suite, il faudra le considérer comme étant la somme de polynômes homonômes égaux chacun à 0. D'après la définition même des racines d'une équation, le polynôme total aura au moins autant de racines qu'il y aura de polynômes hétéronômes composant le polynôme total. Ce théorème est constamment employé en mécanique sous le nom de principe de l'indépendance des petits mouvements et de la superposition de l'effet des forces.

Pour donner une idée de l'utilité de ces considérations si simples, et bien que sortant de notre cadre, prenons un polynôme de la forme :

$$y = x^m + Ax^{m-1} + Bx^{m-2} + \ldots + Mx + N$$

A, B, C, ..., étant des nombres quelconques et m un nombre entier, positif, réel ou imaginaire.

En vertu de l'homonomie, tous les monômes seront :

1° De degré m, par conséquent A sera du premier degré, B du second, ... N du n^{me}.

2° Tous de *même ordre*, et si m est suffisamment grand, on pourra les considérer géométriquement comme étant :

Le produit de cubes, de carrés et de lignes droites,

d'où : $$y = \Sigma\alpha;$$

comme le produit de carrés et de lignes droites,

ù :

$$y = \Sigma\beta;$$

comme le produit de lignes droites,

ù :

$$y = \Sigma\gamma.$$

ıu point de vue *géométrique*, ces polynômes sont *incompatibles* re eux, quoique ayant la même valeur *numérique* y' pour $x = x'$. ‍ꞁetranchons-les deux à deux en accentuant les valeurs de ;, γ, ..., correspondant à $x = x'$, nous aurons :

$$\Sigma\alpha' - \Sigma\beta' = 0, \qquad \Sigma\alpha' - \Sigma\gamma' = 0, \qquad \Sigma\beta' - \Sigma\gamma' = 0, \ldots$$

ꞁhacune de ces sommes algébriques étant formée de polymes homonômes différents, et le polynômes total étant égal , il faudra que, considéré à ce point de vue, la valeur de x' t telle que l'on ait :

$$\Sigma\alpha' = 0, \qquad \Sigma\beta' = 0, \qquad \Sigma\gamma' = 0.$$

ɪais $y' = \Sigma\gamma' = 0$ représente un produit de lignes droites et de degré m.

.e polynôme représente donc m lignes droites réelles ou imaaires qui coupent l'axe des x; il a donc m racines réelles ou ɪginaires.

.'homonomie, qui, ainsi que nous le disions au commencement, st que le principe de l'homogénéité étendu aux nombres ıcrets et à leurs puissances, sert, et c'est le but que nous nous ›posions d'atteindre, à déterminer le sens caché de certaines ›ressions algébriques.

Nous en ferons l'application dans la note suivante :

Note V.

›cherches sur le travail dû aux forces mutuelles.

(Ergiel, Viriel, Potentiel.)

ꞁonsidérons avec Bélanger (*) deux corps dont les masses m et se meuvent dans la direction r de la droite qui joint leur ıtre de gravité et exercent l'un sur l'autre une action mutuelle ·iable avec r.

) *Cours de mécanique*, p. 116, 1847.

Appelons r_1 la distance à laquelle l'action mutuelle des deux corps a une action connue ; si cette distance devient $r_1 + r$, l'action sera une fonction de r, que nous représenterons par $\varphi(r)$.

Soient v et v' les vitesses absolues des deux corps, et :

$$u = v' - v \qquad [1]$$

leur vitesse relative.

Cette vitesse dépendant uniquement de la variation de $r_1 + r$ par rapport au temps, on aura :

$$u = \frac{dr}{dt}, \qquad [2]$$

et. pour les accélérations :

$$\frac{dv}{dt} = -\frac{\varphi(r)}{m} \qquad [3]$$

et

$$\frac{dv'}{dt} = \frac{\varphi(r)}{m'}. \qquad [4]$$

Différentiant [1] par rapport au temps, on aura :

$$\frac{du}{dt} = \frac{dv'}{dt} - \frac{dv}{dt}, \qquad [5]$$

et en substituant à $\frac{dv}{dt}$ et à $\frac{dv'}{dt}$ leurs valeurs tirées de [3] et [4] :

$$\frac{du}{dt} = \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{m'}\right)\varphi(r) = \frac{m + m'}{mm'}\varphi(r). \qquad [6]$$

Éliminant dt entre [6] et [2], il vient :

$$udu = \frac{m + m'}{mm'}\varphi(r)dr, \qquad [7]$$

et, en intégrant :

$$\frac{u^2}{2} - \frac{u_0^2}{2} = \frac{m + m'}{mm'}\int_{r_1}^{r}\varphi(r)dr + C. \qquad [8]$$

Si on suppose les masses m et m' au repos à l'origine pour la distance r_1, on aura en ce point : $v' - v = u = 0$ et, par suite $u_0 = 0$ et $C = 0$, d'où :

$$u = \left(2\,\frac{m + m'}{mm'}\right)^{\frac{1}{2}}\left[\int_{r_1}^{r}\varphi(r)dr\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad [9]$$

ıous écrivons, pour faciliter les calculs ultérieurs:

$$u = \left(\frac{1}{2}\frac{m+m'}{mm'}\right)^{\frac{1}{2}} . 2 . \left[\int_{r_1}^{r} \varphi(r)dr\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad [10]$$

ınvenant de choisir l'origine des r à partir de r_1 défini comme ıdemment.

minons maintenant dt entre [2] et [3], nous aurons:

$$udv = -\frac{\varphi(r)dr}{m}, \text{ c'est-à-dire: } dv = \left(-\frac{1}{m}\right)\frac{\varphi(r)dr}{u}.$$

mplaçant u par sa valeur tirée de [10]:

$$dv = \left(-\frac{1}{m}\right)\left(2\frac{mm'}{m+m'}\right)^{\frac{1}{2}} \frac{\varphi(r)dr}{2\left[\int_{r_1} \varphi(r)dr\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$= \left(-\frac{1}{m}\right)\left(2\frac{mm'}{m+m'}\right)^{\frac{1}{2}} d . \left[\int_{r_1} \varphi(r) . dr\right]^{\frac{1}{2}};$$

: $$v = \left(-\frac{1}{m}\right)\left(2\frac{mm'}{m+m'}\right)^{\frac{1}{2}} \left[\int_{r_1}^{r} \varphi(r) . dr\right]^{\frac{1}{2}}. \qquad [11]$$

aurait de même, en tenant compte du signe et en chan- ; m en m' dans la valeur $\left(-\frac{1}{m}\right)$ de [11]:

$$v' = \frac{1}{m'}\left(2\frac{mm'}{m+m'}\right)^{\frac{1}{2}} \left[\int_{r_1}^{r} \varphi(r)dr\right]^{\frac{1}{2}}. \qquad [12]$$

ıvant les équations [10], [11] et [12] au carré et tirant la valeur ›uissances vives, nous aurons pour:

puissance vive relative de l'unité de masse:

$$\frac{u^2}{2} = \frac{m+m'}{mm'}\int_{r_1}^{r} \varphi(r)dr; \qquad [13]$$

puissance vive absolue de la masse m:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{m'}{m+m'}\int_{r_1}^{r} \varphi(r)dr; \qquad [14]$$

La puissance vive absolue de la masse m' :

$$\frac{1}{2} m'v'^2 = \frac{m}{m+m'} \int_{r_1}^{r} \varphi(r)dr. \qquad [15]$$

Ces trois équations peuvent se mettre sous la forme générale :

$$\frac{1}{2} \mu v^2 = A \int_{r_1}^{r} \varphi(r)dr. \qquad [16]$$

A étant un coefficient qui varie suivant qu'il s'agit de la vitesse absolue de m ou de m' ou de celle de l'unité de masse de la vitesse relative. Cherchons les limites de ses variations en supposant, ce que nous sommes toujours en droit de faire, $m \leqslant m'$.

Dans cette hypothèse, la plus petite valeur de m' sera $m = m'$. et la plus grande $m' = \infty$; on en conclut les valeurs suivantes de A :

1° Dans le cas de			$m = m'$, et 2° dans celui de	$m' = \infty$.
Pour $\frac{u^2}{2}$	(d'après l'équation	[13])	$\frac{2}{m}$ —	$\frac{1}{m}$
Pour $\frac{1}{2} mv^2$	(—	[14])	$\frac{1}{2}$ —	1
Pour $\frac{1}{2} m'v'^2$	(—	[15])	$\frac{1}{2}$ —	0

Le premier cas de $m = m'$ correspond évidemment aux corps isotropes, le second, de $m' = \infty$, à celui des forces indépendantes ou extérieures, car l'action de la masse m sur $m' = \infty$ est nulle. Il en résulte que l'on peut considérer *les forces indépendantes comme un cas particulier des forces mutuelles*, ce qui se vérifie, car alors en donnant à A sa valeur, l'équation [15] disparait, et l'équation [13] $\times m$ se confond avec l'équation [14] ainsi qu'on pouvait le prévoir ; on retombe alors sur le théorème connu du travail :

$$\frac{1}{2} mv^2 = \int Fdr,$$

$\varphi(r)$ étant devenu une force extérieure F.

La somme des puissances vives que prendront les masses individuelles d'un système matériel quelconque sous l'action des forces mutuelles agissant isolément et *successivement* sur chacune d'elles, se composera donc :

1° De la somme des puissances vives dues à l'action de toutes les masses qui composent ledit système, masses agissant les unes sur les autres ;

2° Du travail des forces extérieures sur ce même système.

Pour faire la première sommation, il faudrait d'abord calculer séparément toutes les valeurs correspondant aux masses m', m, ... par rapport à une masse m, en tenant compte de la valeur de A relative à chacune d'elles. Ceci fait, on devra procéder à un calcul semblable par rapport à une masse m', et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'on ait épuisé toutes les masses.

On peut remarquer que ce calcul revient à faire la somme Σ de toutes les actions de toutes les masses prises deux à deux : nous aurons donc en appelant Σ_2 cette somme :

$$\sum \frac{1}{2}mv^2 = \sum_2 A \int \varphi(r)dr; \qquad [17]$$

et la somme des puissances vives totales des divers points du système à laquelle nous donnerons le nom d'*Ergiel* (E), pour la distinguer de la puissance vive dudit système considéré dans son ensemble, se composera de cette somme, augmentée de celle des travaux des forces extérieures, de telle sorte que l'on aura finalement :

$$E = \sum_2 A \int \varphi(r)dr + \sum \int Fdr. \qquad [18]$$

Nous appellerons *potentiel suivant une direction donnée*, ou simplement *potentiel*, la projection de l'*ergiel* sur cette direction. Ce sera le travail disponible dans cette même direction.

Application aux corps isotropes.

Si on suppose $m = m'$, les valeurs de A, dans les équations [14] et [15], deviennent égales à $\frac{1}{2}$ et l'on a :

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\int_{r_1} \varphi(r)dr, \qquad [19]$$

équation qui, intégrée par partie, donne, après sommation :

$$\sum \frac{1}{2}mv^2 = \sum_2 \frac{1}{2}\varphi(r)r - \sum_2 \frac{1}{2}\int_{r_1} \varphi'(r) \times r \times dr. \qquad [20]$$

Si on compare cette équation avec celle que Yvon-Villarceau a déduite, *dans les mêmes circonstances*, des différentielles secondes de x^2, y^2, z^2 divisées par dt^2, et multipliées par $\frac{1}{2}m$ pour être traduites en langage mécanique, puis sommées, soit (1) :

$$\sum \frac{1}{2} mv^2 = \sum_2 \frac{1}{2} \varphi(r)r + \sum_2 \frac{1}{4} m \frac{d^2(r^2)}{dt^2}, \qquad [21]$$

on voit, disons-nous, qu'en les identifiant, on a :

$$\sum_2 \frac{1}{2} \varphi'(r) \times r \times dr = - \sum_2 \frac{1}{4} m \frac{d^2(r^2)}{dt^2}. \qquad [22]$$

En vertu de l'homonomie, l'équation [19] nous donne l'égalité entre une puissance vive multipliée par l'unité de travail et le travail correspondant multiplié par l'unité de puisssnce vive. Par suite, les deux termes du second membre de l'équation [20] qui sont le dédoublement algébrique de $\int \varphi(r)dr$ [19] représenteront des quantités de même *ordre*, ce qui détermine l'interprétation de $\frac{1}{4} m \frac{d^2(r^2)}{dt^2}$.

(1) En effet, on a :

$$\frac{d^2(x^2)}{dt^2} = 2 \frac{(dx)^2}{dt^2} + 2x \frac{d^2x}{dt^2}$$

multipliant les deux membres par $\frac{m}{4}$ et remarquant que $m \frac{d^2x}{dt^2}$ représente la projection X d'une force F, on trouve :

$$\frac{1}{2} m \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = - \frac{1}{2} Xx + \frac{1}{4} m \frac{d^2(x^2)}{dt^2}.$$

Répétant ce même calcul pour les axes Y et Z, additionnant ces équations et faisant les réductions, on a finalement :

$$\frac{1}{2} mv^2 = - \frac{1}{2} \left[Xx + Yy + Zz\right] + \frac{1}{4} m \frac{d^2(r^2)}{dt^2},$$

ce qui donne pour un système matériel :

$$\sum \frac{1}{2} mv^2 = - \sum \frac{1}{2} \left(Xx + Yy + Zz\right) + \sum \frac{1}{4} m \frac{d^2(r^2)}{dt^2}.$$

C'est à cette quantité $- \sum \frac{1}{2} \left(Xx + Yy + Zz\right)$ que Clausius a donné le nom de *viriel*.

On démontre facilement que si les points mobiles exercent une action $\varphi(r)$ les uns sur les autres, et si ces actions sont proportionnelles à leur masse,

$$- \sum \frac{1}{2} \left(Xx + Yy + Zz\right) = \sum \frac{1}{2} \varphi(r) \times r.$$

Clausius, en admettant que les molécules gazeuses sont en *mouvement stationnaire*, c'est-à-dire se meuvent dans un espace limité et constant pour chacune d'elles, ou autrement, oscillent autour d'une position *moyenne* fixe (ce qui n'est pas admis par tous les physiciens et paraît contraire à la diffusion rapide des gaz dans un espace limité sans changement de température et de pression), en conclut que $\Sigma \frac{1}{4} m \frac{d^2(r^2)}{dt^2} = 0$, et en déduit son théorème sur les viriels.

Cette hypothèse, d'après la formule [19] revient à admettre ou : que $\varphi(r)$ est constant, d'où $\varphi'(r) = 0$, ou bien que dans la sommation $\Sigma \frac{1}{4} \varphi(r) dr$, il y a pour chaque valeur de $\varphi'(r) \times r . dr$, deux valeurs égales de dr, l'une positive, l'autre négative, ce qui n'est pas exact, si la masse totale considérée éprouve un changement de volume pendant l'instant considéré.

En résumé, l'ergiel, tel que nous l'avons défini ne diffère du viriel que par le terme $\frac{1}{2} \Sigma \varphi'(r) r . dr$ lequel disparaît quand $\varphi(r)$ est constant; or, c'est ce qui a lieu quand on calcule le viriel extérieur dans le cas d'une pression normale uniforme s'exerçant sur la surface limite.

L'expression connue, $\frac{3}{2} p\mathrm{V}$, qui donne le viriel extérieur d'un corps (p étant la pression uniforme sur la surface limite de ce corps et V son volume) est donc rigoureusement exacte et en dehors de toute hypothèse sur le mouvement stationnaire. C'est ce que nous voulions établir avant de l'appliquer.

On peut remarquer que ces considérations sur l'ergiel et le viriel n'infirment en rien tous les résultats des travaux remarquables des illustres savants qui ont appliqué le théorème de Clausius. Ils ont, en effet, ou considéré $\varphi(r)$ comme une inconnue auxiliaire qu'ils ont éliminée, ou pris un solide indéformable. Dans tous les cas, si on suppose que la vraie valeur de $\varphi(r)$ a été développée en fonction des puissances positives ou négatives de r, $\varphi(r) \times r$ ou $\int \varphi(r) dr$ ne différeront que par des coefficients numériques de telle sorte que l'ergiel et le viriel seront des polynômes identiques, aux coefficients numériques près. Si, en effet, on prend un terme quelconque de ce développement $\mathrm{A}r^m$, $\int \varphi(r) dr$ donnera : $\frac{\mathrm{A}}{m+1} r^{m+1}$, et, $\varphi(r) \times r$, $\mathrm{A}r^{m+1}$.

Comme conclusion, l'hypothèse du mouvement stationnaire ne nous parait pas nécessaire pour obtenir tous les résultats qui découlent du théorème de Clausius. Il suffit de poursuivre, ainsi que nous l'avons fait, les calculs dont Bélanger a posé les bases dans les huit premières équations que nous avons reproduites.

Il ne nous a pas paru inopportun, au moment où certains savants étrangers, en petit nombre il est vrai, nous disputent les découvertes faites en France, de faire ressortir ce point important.

TABLE

COUSSINET A SERRAGE AUTOMATIQUE

SYSTÈME CHENU

PAR

M. Félix BRARD

Exposé de la question.

La voie à double champignon oblige à l'emploi de coussinets et de coins en bois ou en métal pour serrer le rail contre le coussinet. Le coin est la partie faible du système et son inconvénient consiste en un serrage inégal, intermittent et coûteux d'entretien qui agit sur la stabilité de la voie sans éviter le glissement longitudinal et les déplacements latéraux. Un système qui donnerait un serrage automatique sans la surveillance du personnel, qui éviterait les inconvénients ci-dessus, qui réduirait à son minimum la poussière soulevée dans le ballast sableux par les roues des véhicules, qui permettrait une plus grande hauteur de neige avant d'employer le chasse-neige, qui empêcherait complètement un déraillement par une main criminelle, si ce système supprimait les coins, un tel système réhabiliterait complètement la voie à coussinet. Tel est ce qu'il fallait trouver et que M. Chenu a réalisé!

Voies actuelles.

La voie est la base sur laquelle circule du matériel de plus en plus lourd, tant locomotives que wagons, avec des vitesses de plus en plus grandes et des trains de plus en plus nombreux.

Laissant de côté la voie système Vignole, auquel le coussinet à serrage automatique peut également s'appliquer, nous parlerons seulement de la voie à double champignon, dont la base est le coussinet.

On est arrivé, par les raisons ci-dessus, augmentation de poids, de vitesse et de nombre de trains, à augmenter la longueur des rails, le poids des rails, le poids des coussinets, tout cela, d'une façon logique, mais on n'a pas encore trouvé une solution qui établisse une solidarité intime entre le rail et le coussinet; on en est resté au coin en bois ou au coin en acier.

La Compagnie d'Orléans, par exemple, est passée dernièrement ı rail à double champignon de 38,200 *kg* par mètre courant, ı rail de 42,54 *kg* de 11 *m* de longueur et du coussinet de 50 *kg* au coussinet renforcé de 18,6 *kg*, mais sans modification ɔur la solidarité du rail au coussinet.

Coins en bois, coins en acier.

Quelle que soit la nature du coin, coin en bois ou coin métal-ȷue, le serrage est intermittent, quelquefois nul : intermittent, ır si le serrage, avec le coin en bois, après qu'il a été chassé par chasse-coin, est bon pendant un certain temps, le coin se des-ırre peu à peu sous l'influence du passage des trains et le ɔrrage peut devenir nul, c'est-à-dire que le coin peut être retiré la main ou avec un très faible effort.

Si nous prenons le coin d'acier pour remplacer le coin en bois, uelques Ingénieurs trouvent que c'est une erreur technique, ue c'est faire faire marche en arrière au progrès. Nous n'irons as aussi loin, mais nous dirons que le coin en bois donne un ɔrrage plus énergique que le coin en acier, offrant plus de sur-ce en contact que ce dernier avec le rail et le coussinet ; mal-eureusement, le coin en bois a le défaut de ses qualités, car en ɔcheresse, il faut plus de serrage, et si deux ou trois jours de rte chaleur surviennent inopinément, on a toute une voie ou le ırrage est à retoucher.

Si nous examinons le coin en acier, on s'aperçoit que si l'une ɔs faces s'applique bien sur le rail, l'autre face n'est pas en con-ct avec le coussinet, ou bien rarement, et qu'il n'y a souvent ı'une ligne ou arête de contact avec le coussinet, le reste n'a-ssant pas.

Le coin en acier perd son élasticité, ses propriétés de ressort, ɔus l'influence répétée du chasse-coin; il forme même des ba-ures sur le coussinet dans certains cas, et dans d'autres, un ɔfoulement du métal (1). Pour avoir le plus de contact possible, faut donc le chasser fortement et on arrive à la déformation ; ɘ plus, il faut une surveillance égale, sinon plus grande, pour le ɔin en acier, qui se trouve exposé à être détérioré plus rapide-ıent que le coin en bois, et inopinément.

Une voie avec rails à double champignon bien entretenue aura

(1) Ces coins, qui sont formés d'une bande d'acier repliée sur elle-même, fléchissent ; brisent net quelquefois.

toujours, avec les coins, quel que soit le système, un serrage défectueux, fort à certains points, faible ou nul en d'autres points, à coup sûr inégal ; d'où il s'ensuit qu'au passage des trains, les chocs latéraux répétés, agissant sur une voie à résistance inégale, déforment celle-ci très rapidement et, de là, le besoin constant d'entretien.

Dans certains déraillements dont on n'a pu trouver la cause, on aurait pu dire : Cherchez le coin.

Le fait certain est que le coin en bois présente des inconvénients; telle est la raison pour laquelle on a voulu le remplacer par le coin en acier; or, le coin en acier en a également de visibles; la solution n'existe donc pas jusqu'à présent.

Solidarité complète du coussinet avec le rail.

Quel est l'idéal que l'on cherche à réaliser dans une voie à coussinet?

Cet idéal est d'avoir, à coup sûr, mathématiquement, dirons-nous, une solidarité intime entre le rail et le coussinet, qui ne manque jamais, dont on n'ait pas à se préoccuper, au moment surtout du passage du train, sans qu'il y ait à penser au serrage. inégal à coup sûr de ces nombreux coins, qui établissent, ainsi que nous l'avons dit plus haut, une solidarité problématique et variable entre le rail et le coussinet.

Il est certain que lors du passage du Tsar sur la ligne de l'Ouest, tous les agents de la voie, à tour de rôle, ont dû pousser un cri de satisfaction et de soulagement, le train une fois passé, en songeant à cette multitude de coins qui pouvaient être une cause de déraillement, tandis qu'avec le coussinet à serrage automatique, ils eussent eu cette préoccupation en moins.

Description du coussinet *(Pl. 1)*.

Le coussinet à serrage automatique se compose seulement :

1° D'un bâti ou coussinet en fonte *a* dont l'un des côtés a des joues semblables aux joues du coussinet ordinaire et sert de *mors* fixe; l'autre côté a des joues plus petites, plus faibles comme hauteur et plus rapprochées l'une de l'autre ; ces deux dernières joues sont embrassées par les joues du *mors* mobile décrit ci-dessous;

2° D'un *mors* mobile *c* à joues embrassant les petites joues citées ci-dessus, affectant à sa partie supérieure la même forme que le

fixe et ayant sa partie inférieure en forme de *came;* sur le
s de cette came existe un *sommier d* où vient s'appuyer le
us du rail; le dessous de la came est arrondi en forme de
pour permettre à la partie supérieure dite mors mobile de
ɔr suivant l'axe de ce talon; les petites joues du coussinet
ɪt dans la gorge existant entre les joues du mors mobile et
nt le mors mobile dans son pivotement.
ɘlques Ingénieurs ont demandé une clavette en métal ou un
ɔoin en bois que l'on pourrait placer entre le mors mobile et
ɔux joues du coussinet. Cet appendice n'a d'utilité qu'au
ɘnt de la pose de la voie pour serrer le mors mobile contre
., quand on soulève ce dernier avec l'anspect ou levier. Cette
.te en métal ou coin qu'on peut avoir en bois doit être mis
le matériel portatif de l'équipe d'entretien, puisque ce coin
:t que pour la pose et la dépose.
coussinet est donc réduit à son minimum de pièces, deux
ment, la partie fixe et la partie mobile.
ɪclinaison au 1/20 du rail est donnée par la position supé-
ɜ du mors fixe et la paroi intérieure du même mors, qui est
.é de cette fraction. (Voir les figures.)
premier coussinet à serrage automatique se composait de
cames semblables et pouvant indifféremment se remplacer
par l'autre; deux chevilles en fonte, qui n'avaient d'utilité
ɔour la pose et la dépose de la voie, servaient de clavettes
les cames et le coussinet. Le coussinet modifié est réduit à
us simple expression, puisqu'il ne se compose que d'une
. Chaque système a subi des essais que nous indiquerons
oin.

Réalisation du serrage automatique.

nous supposons une charge mobile, par exemple, un train
;é qui passe sur cette voie, les rails supportant la charge,
uient ainsi que l'indiquent les figures sur les sommiers des
s des mors mobiles, qui pivotent d'une quantité infinitési-
autour de la partie arrondie de leur talon; ce mouvement
tésimal de la base produit sur chaque coussinet un rappro-
ent instantané et énergique des mâchoires de la partie supé-
ɜ des mors mobiles qui viennent en contact avec l'âme du
n la serrant contre le mors fixe, et avec un coefficient de
ʒe d'autant plus grand que la charge mobile est plus élevée;

il y a donc au passage de la charge mobile embrassement énergique du rail par le coussinet et le tout ne fait qu'un bloc.

On a donc résolu l'idéal indiqué plus haut, mathématique (sans personnel pour en assurer la surveillance et l'exécution), de la solidarité complète du rail et du coussinet, au moment du passage du train, c'est-à-dire de la charge mobile. Plus la locomotive sera lourde, plus la solidarité existera, égale à chaque coussinet, dans la résistance aux chocs latéraux et seulement au passage du train, où cette solidarité doit exister entre le rail et le coussinet; le serrage automatique agissant partout par la charge, la résistance de la voie est uniforme et, par conséquent, sa déformation est moins à craindre.

L'idéal demandé plus haut a donc sa solution complète.

Avantages du coussinet à serrage automatique.

Essais. — L'essai a été fait une première fois avec le coussinet à deux cames sur neuf longueurs de rails de 11 *m*. Les essais ont duré du 10 août 1894 au 12 mars 1895, soit un espace de huit mois, pendant lesquels rien n'a été touché; aucun entretien, ni à la voie ni au ballast, n'a été fait. L'avant-veille de la dépose des 99 *m*, à la suite de l'hiver long et rigoureux des deux premiers mois de 1895, au moment du dégel, une visite de cette portion de voie a été faite par un de nos Collègues, Ingénieur au service d'une de nos grandes Compagnies; il a examiné les joints en amont et en aval, a vérifié l'écartement de la voie et a constaté qu'elle n'avait subi aucune déformation et qu'aucun glissement longitudinal du rail ne s'était produit; il a vu passer les trains et a constaté que les joints de soudure à l'amont et à l'aval de la section de pose d'essai étaient de la même largeur de 0,011 *m*, et cependant, sur cette voie Orléans-Chartres, les trains vont tous dans le même sens, la voie unique étant dédoublée en contre-haut; l'état général de la voie a été constaté et la voie a été trouvée aussi intacte qu'au premier jour de la pose; notre Collègue a attribué le mérite de cette stabilité de pose au coussinet à serrage automatique.

Avec le nouveau modèle de coussinet à une seule pièce, une de nos grandes Compagnies a permis, à titre officieux, de faire l'essai de ce coussinet, auquel on ne peut reprocher le nombre de ses pièces, puisqu'il est simplifié à l'extrême; il n'y a qu'une pièce.

L'essai a été fait sur des voies où la circulation comme charge

est la plus forte et l'entretien nul ; l'expérience a duré treize mois, dans ces conditions, avec des rails de troisième catégorie.

Il est passé environ quarante machines avec train en charge par vingt-quatre heures sur cette voie, où se faisait la répartition des wagons en charge; on ne pouvait souhaiter une meilleure expérience dans des conditions plus défavorables. Les résultats ont été excellents et analogues à ceux de la première expérience.

Emploi dans les courbes. — L'emploi dans les courbes donne de bons résultats puisque ce système résiste à tous les chocs latéraux par suite du serrage automatique tandis que le coin, soit en bois, soit métallique, a un serrage intermittent, cause de la déformation rapide des voies.

Rapidité de pose et dépose. L'un des sérieux avantages du système est la pose et dépose rapide qui demande seulement la moitié du temps employé dans tout autre système. Cet avantage est des plus sérieux, surtout avec la multiplicité des trains qui se suivent quelquefois, comme les jours de course à Chantilly, par exemple, à des intervalles excessivement rapprochés, ou bien dans le cas de dislocation d'un corps d'armée ou la pose rapide de voies dernièrement à la revue du camp de Châlons.

Cas de neige. — Dans le cas de neige, il faut 0,30 *cm* de hauteur sur la voie pour que le chasse-neige puisse opérer; par suite de la hauteur du rail au-dessus de la traverse, 0,23 *m* au lieu de 0,17 *m*, on a donc une élasticité de 0,06 *m*; de plus, comme le ballast, qui est dans l'intérieur de la voie et qui n'a que 0,05 *m* de hauteur au milieu de la traverse et 0,02 *m* au rail peut être supprimé et celui à l'intérieur de la voie diminué, on a donc, avant d'être gêné par la neige, une élasticité beaucoup plus grande qu'avec le coussinet ordinaire.

Diminution des poussières. — Avec le système actuel, et du ballast sablonneux, la vitesse du train produit des tourbillons de poussière, par suite du sable aspiré qui agit sur les organes des machines et amène des grippements dangereux tout en étant nuisible aux voyageurs. Avec le coussinet à serrage automatique, le rail se trouve 0,09*m* plus élevé qu'avec la voie vignole et 0,06 *m* qu'avec la voie à double champignon; cet inconvénient sérieux se trouve annihilé ou tellement atténué qu'il est réduit à son minimum.

Diminution du ballast. — Avec ce système, on peut très bien limiter la hauteur de ballast au niveau de la traverse ; le ballast entre les rails ne protégeant aucunement la traverse, et le ballast extérieur ne servant qu'à protéger le coin contre la sécheresse; déjà avec le coin en acier la hauteur est diminuée et sans arriver au niveau de la traverse on pourrait, sans inconvénient, réduire cette quantité de près de moitié si le ballast était ramené au niveau de la traverse l'économie serait, par kilomètre courant, de 0,28 *m* à 6 *f* = 1,680 *f*.

Cas de deux profils différents de rails. — Si une Compagnie a deux profils différents de rails, un type ordinaire, par exemple et un type renforcé, le coussinet est le même avec le coussinet à serrage automatique ; le mors mobile change seulement.

Cas de guerre. — En temps de guerre, avec la voie à double champignon, il suffit d'enlever le mors pour rendre la voie complètement inutilisable, attendu que le rail rentre à hauteur du mors fixe et qu'il est impossible d'assujettir le rail par un coin quelconque.

Sécurité.

Le système donne partout l'égalité dans la résistance aux chocs latéraux; le glissement est à peu près nul; donc on a la sécurité incontestable, sans surveillance aucune, qui permet d'augmenter la vitesse des trains sans inconvénient.

Économies.

Les économies comprennent l'entretien de la voie, la pose et dépose de la voie, la suppression des coins, la diminution du profil de ballast.

Entretien de la voie. — Il n'y a plus aucun doute que, n'ayant plus à surveiller les coins, la déformation de la voie étant moindre, l'économie existe et peut se chiffrer à 50 0/0 de l'entretien ordinaire. Le parcours moyen d'une brigade, étant de 8 *km*, pourra être augmenté de moitié ; l'économie correspondrait à un poseur par brigade et comme on ne peut diminuer la brigade, c'est donc l'augmentation de parcours qui donnerait l'économie.

Pose et dépose de la voie. — Rien de plus simple ; les poseurs saisissent le rail, le couchent sur les joues du coussinet de façon que le champignon inférieur s'appuie sur la partie supérieure des âmes ; on fait pivoter ; dans ce mouvement les mors mobiles se ferment sur l'âme du rail ; on éclisse et la voie est posée sans coin ; de la suppression des coins, on gagne du temps et par suite la rapidité de pose atteint seulement les 40 °/₀ de pose de la voie ordinaire ; d'où économie de premier établissement par la suppression des coins et la rapidité de pose et économie très notable d'entretien. La pose est facilitée par l'ouverture ou vide entre les deux mors qui est de 0,015 *m* au lieu de 0,075 ; quant à une dépose, on commence par enlever les éclisses, puis d'un seul mouvement le rail est renversé ; les mors mobiles s'ouvrent tous à la fois en pivotant autour de leur talon et le rail est ainsi extrait des mors qui l'emprisonnaient et reste appuyé sur les deux joues du coussinet.

Suppression des coins. — Pour la voie à double champignon, avec rails renforcés et coussinets, il faut 2 184 coins en bois par kilomètre qui, calculés au prix de 73 *f* le mille, donnent, comme premier établissement. . . . . 159 *f* 43
et en coins d'acier 2 184 à 370 *f* le mille . . . . . . 808 *f* 08

On doit compter sur un remplacement minimum coûtant environ 60 *f* par kilomètre et par an.

Diminution du profil de ballast. — Comme conséquence de la suppression des coins, nous n'avons plus à les protéger par du ballast ; par conséquent le profil de ce dernier doit être modifié. En l'arasant au niveau de la traverse, on a, pour une voie unique, une économie de 280 m^3 par kilomètre à 6 *f* du mètre cube, soit 1 680 *f*. Si on diminue le ballast de moitié seulement, l'économie sera réduite à 840 *f*, mais existera toujours.

Prix de revient comparé de la voie à coussinet à serrage automatique et de la voie double champignon avec coussinet.

1° Voie avec coins en bois. — Nous laissons de côté les parties communes, rails de 42,54 *kg* au mètre courant en acier, tire-fonds goudronnés, paires d'éclisses renforcées, boulons d'éclisses, et traverses en chêne : nous prenons les prix d'établissement de la Compagnie d'Orléans.

Coins en chêne renforcés : 28, par 11 *m* de longueur à 82 *f* 50 le 1 000, le kilomètre . . . . 180 *f*.

Coussinets ordinaires renforcés : 28, de 18,6 *kg* chacun à 104,50 *f* le 1 000, le kilomètre 4 940

Ballast au-dessus de la traverse : diminution de moitié 0,140 *f* × 6, le kilomètre 840

Pose de la voie compris approche 2 000

7 960 *f*.

2° *Voie avec coins en acier.* — Coins en acier : 28, par 11 *m* de longueur à 370 *f* le 1 000, le kilomètre . . . . 808 *f*.

Coussinets renforcés : comme ci-dessus. 4 940

Ballast : comme ci-dessus. 840

Pose de la voie compris approche. 2 000

8 588 *f*.

3° *Voie avec coussinet à serrage automatique.* — Coins. . 0 000 *f*.

Coussinets : 28, 21 *kg* 800 chacun à 104,50 *f*. . . . 5 800

Ballast au-dessus de la traverse, suppression de moitié. 0 000

Pose de la voie, compris approche 15 0/0 de garniture. 1 700

7 500 *f*.

Ainsi qu'on le voit, dans ces conditions, la voie à coussinet à serrage automatique coûte légèrement moins que la voie avec coins en bois, 460 *f* par kilomètre, en tout cas moins que la voie avec coins d'acier, 1 088 *f* par kilomètre. Supposant même qu'on ne touche d'aucune façon au ballast, les prix seront les suivants :

1° Voie avec coins en bois sans diminution de ballast	7 120 *f*.
2° » » en acier.	7 748
3° » coussinet à serrage automatique . . .	7 500

Donc, le prix de revient de premier établissement même dans ces conditions, est inférieur de 248 *f* par kilomètre au prix de revient avec les coins en acier, s'il est supérieur de 380 *f* au prix de revient avec les coins en bois ; mais il faut examiner les diminutions dans les prix d'exploitation.

Ces diminutions, comme entretien de la voie, se décomposent

nitures et main-d'œuvre. Au sujet de la voie avec coins ·, on peut évaluer les fournitures annuelles de coins par tre pour l'entretien à . . . . 60 f.
ain-d'œuvre à 125

total, par kilomètre, de. . . . . 185 f.

ꞔ qui concerne la voie avec coins en acier, on peut esticonomie à ce minimum également par an et par kilomètre, e moins. Comme conclusion, la voie avec coussinet à automatique donne la sécurité complète, supprime les coûte moins cher que les voies à coins soit en bois, soit r, en supprimant la moitié du ballast placé au-dessus de erse, et si on ne supprime pas de ballast, elle arrive encore r moins cher de premier établissement que la voie à cousvec coins en acier; elle diminue les frais d'exploitation [uantité qu'on peut évaluer à 200 f par kilomètre.

le système des coins, un criminel peut pénétrer dans ate de la voie, faire sauter toute une série de coins et uer un déraillement; avec le coussinet à serrage automa-c'est impossible. Cette invention ingénieuse, qui sort des eçues, devait mériter l'attention de notre Société et résout tion de la solidarité du rail avec le coussinet sans surveilıucune.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

VENTILATION DES MINES

LES VENTILATEURS

PAR

M. G. HANARTE

Après les remarquables travaux qui ont été publiés sur la ventilation par les savants auteurs et inventeurs : Combes, Devillez, Demanet, Harzé, Guibal, Gendebien, Murgue, Ser, etc., il semblerait que plus rien n'est à rechercher dans le domaine de cette science, si française par son origine.

Une étude attentive des lois qui régissent la ventilation, montre cependant que leur exposition incomplète par les auteurs précités a donné lieu à l'expression d'aphorismes qui ne sont rien moins qu'exacts et dont il est indispensable de se débarrasser, si l'on veut étudier rationnellement cette science.

Bien des Ingénieurs, en effet, croient erronément d'après les traités, qu'il faut qu'il y ait dépression pour qu'il y ait mouvement, tandis qu'au contraire, la dépression dans la ventilation qui n'est pas la raréfaction, mais une perte de charge, naît précisément du mouvement imprimé à l'air.

C'est ainsi que, par une fausse définition de la dépression, ils pensent que le ventilateur agit comme raréfacteur, qu'il est l'auteur de la dépression, alors qu'en réalité il n'est que le créateur du mouvement de l'air qui s'est déprimé dans les conduits adducteurs, si l'appareil est aspirant et dans les conduits de refoulement, s'il est soufflant; dans tous les cas, comme on le verra dans le cours de ce travail, son rôle, outre celui de communiquer le mouvement à l'air, est de rendre à celui-ci la densité qu'il a perdue dans son cheminement.

De cette manière de voir tombe aussi l'aphorisme qui consiste à dire, qu'à la même vitesse, un ventilateur produit toujours la

dépression : c'est la même faculté de recompression qu'il re : en effet, la dépression est excessivement variée et l, toutes choses égales, d'ailleurs, de la section et de la lon- les conduits de la mine.

expliquer la modification essentielle qu'il fait subir aux tifs des ventilateurs de mines, tels qu'on les établit ordi- ent, l'inventeur croit utile d'exposer tout d'abord quelques lités sur la ventilation, telle qu'il la conçoit.

se l'équation du travail indiqué T_I par les diagrammes re- ur les cylindres moteurs de l'appareil :

$$T_I = T_R + Qh' + Qh, \qquad [1]$$

ant le travail nécessaire pour vaincre les frottements mé- es de la machine et des axes de la turbine ;

e travail nécessaire pour faire circuler le volume Q à tra- ventilateur, nonobstant la perte de charge h' qu'il y subit ttement et par perte de force vive au changement de di- ;

travail pour faire circuler le même volume Q à travers la nonobstant la perte de charge h qu'il y subit pour les mêmes Ce travail est le seul qui soit utile à la ventilation ; celle-ci a d'autant mieux du travail moteur T_I que le volume Q us grand et que l'on se sera efforcé de diminuer le fac- en s'inspirant de la formule relative aux pertes de charge ıx frottements :

$$h = \frac{KLPV^2}{S}, \qquad [2]$$

elle relative aux pertes de force vive dans les coudes. :

$$h = \frac{V^2}{2g} \times \zeta. \qquad [3]$$

pport $\frac{Q}{\sqrt{h}}$ constitue ce que l'on appelle le tempérament ine. Il indique le nombre de mètres cubes par seconde versant la mine considérée produit un millimètre de dé- ı ou de perte de charge (*).

ssification des mines par leur tempérament imaginée par Guibal ne put se propager parce que l'auteur l'avait exprimée erronément par $\frac{Q^2}{h}$ qui est le carré du frot ette erreur fut continuée par les auteurs Devillez et Demanet. Nous l'avons rec- s une de nos précédentes études sur la ventilation.

Le ventilateur aura son rendement $E = \frac{Qh}{T_1}$ d'autant plus gra que Qh sera plus grand et que, par conséquent, T_R et Qh' sera plus petits.

T_R et Qh' concourent donc au passif du rendement, tandis qu Qh concourt à son actif.

La dépression h, facteur du travail utile Qh, doit donc être m surée assez loin *du ventilateur* pour éviter l'influence de la vites que prend l'air dans les canaux relativement étroits de cet app reil et qui concourt à produire Qh'.

Pour augmenter le rendement E du ventilateur, il faut do *réduire* autant que possible T_R et Qh'.

T_R sera un minimum si l'on réduit la longueur ou portée d axes. si l'on donne à ceux-ci de larges surfaces frottantes, si l' ne marche pas à une vitesse exagérée et si l'on donne à la tu bine le minimum de poids compatible avec une bonne résistan

Qh' peut être calculé *a priori* pour un dispositif quelconque ventilateur et il sera réduit aussi au minimum si l'on s'inspi pour sa construction, des formules [2] et [3], en donnant aux d vers canaux : conduit adducteur, ouïe, conduits formés par l ailes, conduit de refoulement, des formes autant que possil à section circulaire et des dimensions convenables. Il faudra évi surtout les orifices en mince paroi et ceux à contraction partie pour l'entrée ou la sortie de l'air, comme il s'en trouve dans tambour d'entrée du Cappel et à la vanne de sortie du Guib

Il sera tout à fait indispensable aussi de veiller à ce que *vitesse V d'entrée de l'air* (qui, agissant par V^2, peut avoir une énor influence, vu l'étroitesse relative des passages du ventilateur vu le changement de direction du fluide) ne soit pas exagérée.

Dans la pratique industrielle, lorsqu'on calcule la force motri nécessaire pour actionner un ventilateur de forge, on supp évidemment, pour déterminer h', que la vitesse V de l'air à l'e trée du cône adducteur est nulle, parce que l'appareil est plon dans l'air atmosphérique à l'état de repos. (Voir VIGREUX, *Pro industriels*. Paris, Bernard et Cie, 71, rue Lacondamine.)

Cette influence, due à la vitesse d'entrée, dépend évidemme toutes choses égales d'ailleurs, du tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h}}$ de la ma Plus celui-ci sera faible, plus la vitesse du fluide $\sqrt{2gh}$ sera gra relativement à Q. Elle dépendra évidemment aussi du *temp*

ment $\frac{Q}{\sqrt{h'}}$ *du ventilateur*, c'est-à-dire qu'elle croîtra d'autant plus que cet appareil aura des dimensions plus réduites.

Comme pour la mine, le tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h'}}$ du ventilateur indique le nombre de mètres cubes qui, entrant dans le cône adducteur et sortant par la cheminée, subissent l'unité de dépression, le millimètre.

Pour qu'il n'y ait pas d'erreur dans ce mode de classification des ventilateurs, il faut évidemment adopter une vitesse de régime normale dans la galerie adductrice, à l'entrée du cône adducteur de raccordement. Nous proposons d'adopter pour cette vitesse de régime le maximum de 5 *m* par seconde. Dans notre pratique, nous établissons généralement nos ventilateurs en prenant au maximum :

$$\frac{Q}{\sqrt{h'}} = 4 \times \frac{Q}{\sqrt{h}}$$

avec la vitesse d'entrée de 5 *m*.

Il y aura donc une importance extrême à ce que Qh' ne prenne pas des proportions exagérées, que l'air arrive bien à gueule bée dans l'ouïe du ventilateur, c'est-à-dire avec un épanouissement complet de la veine fluide, *soit par une galerie en ligne droite* assez longue et de dimensions convenables, ou bien, si la nature des lieux oblige à un changement de direction près du ventilateur, *par un sas assez large et assez haut* pour que l'épanouissement puisse également se produire (*).

Mais toutes les conditions étant remplies pour établir le ventilateur rationnellement au point de vue du travail récepteur de la ventilation, qui consiste dans le mouvement de l'air à travers la mine et l'appareil, il faut également avoir égard au travail producteur que celui-ci doit accomplir.

Le travail effectif que doit effectuer le ventilateur est justement la contre-partie du travail récepteur $Q(h + h')$. Il consiste évidemment dans un travail de recompression et de refoulement dans l'atmosphère du volume Q qui s'est déprimé par frottement dans les conduits de la mine et du ventilateur.

Le ventilateur est donc un véritable compresseur d'air qui doit rendre

(*) Une obstruction ou un coude brusque sans épanouissement près du ventilateur ferait entrer l'air dans celui-ci par une section contractée, avec une grande vitesse, et aurait une influence particulièrement néfaste en augmentant h' outre mesure.

au fluide la densité de l'atmosphère avant de pouvoir le réintroduire dans celle-ci.

Si le ventilateur est à force centrifuge, il produira cette recompression et ce refoulement au moyen d'impulsions successives communiquant à l'air une force vive dépendante de sa vitesse périphérique par seconde $u = \frac{\pi D n}{60}$, et qui a pour expression, n étant le nombre de tours par minute et M la masse du fluide:

$$Mu^2 = \frac{\varpi}{g}\left(\frac{\pi D n}{60}\right)^2.$$

L'on tirera donc le diamètre D du ventilateur nécessaire pour recomprimer de $h - h'$ un poids ϖ d'air par l'expression:

$$\frac{\varpi}{g}\left(\frac{\pi D n}{60}\right)^2 = \frac{h - h'}{K} \quad D = 60\,\frac{\sqrt{\dfrac{h - h'}{K \times \dfrac{\varpi}{g}}}}{\pi n},$$

K étant le rapport ou coefficient (que l'on se fixe d'avance en tenant compte du travail T_u) entre la recompression réelle que l'on suppose devoir être fournie par l'impulsion du ventilateur et la recompression théorique.

Cette formule, en fonction du tempérament $\theta = \frac{Q}{\sqrt{h}}$ de la mine et en fonction du tempérament $\theta' = \frac{Q}{\sqrt{h'}}$ du ventilateur, serait:

$$D = 60\,\frac{\sqrt{\dfrac{\dfrac{Q^2}{\theta^2} - \dfrac{Q^2}{\theta'^2}}{K}\,g}}{\pi n \sqrt{\varpi}}.$$

Dans les diverses applications, afin d'avoir une marge suffisante, l'inventeur prend K = 0,62.

Mais pour se recomprimer, l'air qui a reçu l'impulsion suffisante doit, d'après les lois physiques bien connues, rencontrer une surface inébranlable plus ou moins normalement ou de l'air à l'état de repos ou du moins dans un état de moindre vitesse que celle due à l'impulsion.

Il faut aussi que l'expulsion de l'air *préalablement recomprimé* s'effectue avec l'ajutage convenable et économique *qui en main-*

tienne la recompression et le débite à gueule bée avec le moins *de perte de charge.*

Si l'air est lancé dans l'atmosphère sans que la recompression en soit complète, l'air atmosphérique rentre nécessairement (comme cela a lieu dans les cheminées des foyers domestiques non pourvues d'ajutage convergent) jusque dans l'appareil et y produit des remous qui absorbent beaucoup de travail.

Jusqu'ici, l'on avait, dans la ventilation, perdu de vue le mode de travail du ventilateur, puisque les praticiens l'expriment par $Q(h + h')$ qui est la formule du refoulement à une hauteur $h + h'$ d'un fluide incompressible, alors que la formule exacte est $pQ\left(\log \text{nép} \frac{p}{po}\right)$ (po étant la pression absolue de l'air déprimé et p la pression absolue, que le ventilateur doit faire acquérir à l'air atmosphérique).

Ce travail de recompression se subdivise en deux travaux distincts :

1° Le travail de *réduction de volume :*

$$pQ\left(\log \text{nép} \frac{p}{po}\right) - pQ\left(1 - \frac{p''}{p}\right);$$

2° Le travail de *refoulement* du volume réduit ou recomprimé dans l'atmosphère :

$$pQ\left(1 - \frac{p''}{p}\right).$$

Supposons que 30 m^3 d'air atmosphérique, à la pression de 10,33 m d'eau, soient entrés dans la mine et y aient, tant dans cette mine que dans le ventilateur, subi une dépression de 0,20 m d'eau. La pression absolue de cet air quittant l'aile du ventilateur, point où la dépression est maxima, ne sera plus que de 10,13 m, et le volume d'air, en vertu de la loi de Mariotte, sera devenu de :

$$\frac{30 \times 10{,}33}{10{,}13} = 30{,}592\ m^3.$$

Avant d'être expulsé dans l'atmosphère, le volume d'air doit donc être réduit ou recomprimé de 592 l. Supposons que le ventilateur soit une pompe à piston, l'air y sera attiré, venant de la mine et déprimé de h, par des soupapes aussi larges que possible, de façon à avoir un minimum de dépression factice h'.

Dans sa marche inverse, le piston réduit le volume de façon à recomprimer l'air de $h + h'$.

Cette recompression s'effectuera par la réaction de l'air contre les parois du réservoir cylindrique, et c'est seulement quand la pression atmosphérique sera atteinte que les soupapes de refoulement dans l'atmosphère s'ouvriront (*).

C'est pour produire un effet analogue, avec le ventilateur cen-

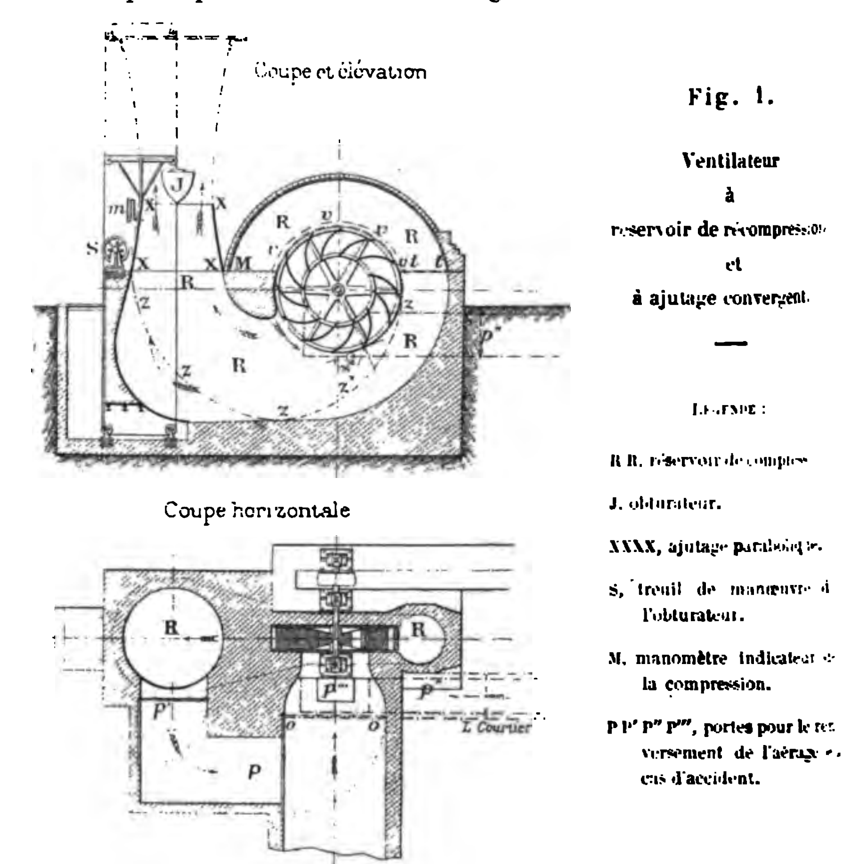


Fig. 1.

Ventilateur à réservoir de recompression et à ajutage convergent.

LÉGENDE :

R R. réservoir de compression.

J. obturateur.

XXXX, ajutage parabolique.

S, treuil de manœuvre de l'obturateur.

M, manomètre indicateur de la compression.

P P' P'' P''', portes pour le renversement de l'aérage en cas d'accident.

trifuge, et pour rejeter rationnellement l'air dans l'atmosphère, *après avoir opéré sa recompression*, que dans notre dispositif nous le *faisons réagir contre lui-même et contre des parois inclinées dans un réservoir de recompression* RR, dont l'orifice de sortie XX est réglé, après tâtonnements, suivant les indications d'un manomètre (*m*) (qui doit marquer une pression très légèrement supérieure à

(*) Dans une petite note additionnelle à ce travail, nous tracerons l'épure exacte de la ventilation et nous en tirerons des déductions au point de vue de la possibilité de combattre l'influence géothermique dans les mines profondes.

celle de l'atmosphère), par une soupape ou obturateur J, manœuvré par un treuil S.

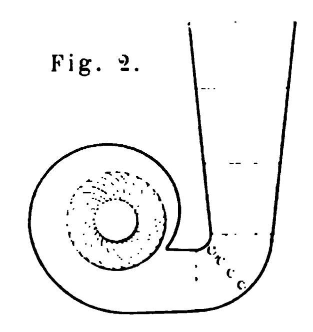
Ce réservoir RR a été construit, dans certaines applications: entourant toute la turbine; dans d'autres, il a été limité en *tt* par une plaque en fonte; dans d'autres encore, il a été limité en *zz*. Ce dernier dispositif est le plus simple, au point de vue de la construction des maçonneries, et donne des résultats approximativement les mêmes que les deux autres qui ont été construits pour des raisons qui seront indiquées plus loin.

En somme, ce réservoir fait le même office qu'une chaudière continuellement alimentée de vapeur, et dans laquelle on maintiendrait une pression fixe par le réglage d'une soupape d'évacuation munie d'un ajutage.

La perte de charge au changement de direction du canal de refoulement est aussi faible que possible, grâce aux dimensions du *réservoir formant coude*, et le débit dans l'atmosphère s'effectue avec une gerbe fluide ayant des filets de même vitesse et de même pression, grâce à l'*ajutage parabolique* xxxx *qui, de tous les ajutages, est aussi celui qui utilise le mieux la charge génératrice de la vitesse communiquée à l'air.*

En effet, tandis que l'ajutage parabolique convergent (∩) utilise pour le débit les 0,97 de la charge génératrice de la vitesse imprimée à l'air, les ajutages : conique (⋀), cylindrique (⊓), divergent (⊓) et en mince paroi (— —) n'en utilisent respectivement que les 0,94 — 0,81 — 0,67 — et 0,59 à 0,61.

M. le commandant d'artillerie Aversencq, et après lui feu M. Ser, professeur de physique industrielle à l'École Centrale de Paris, dans le but d'obtenir le même effet qu'avec notre ajutage convergent, c'est-à-dire le débit à gueule bée de la gerbe fluide, placent des cloisons *cccc* au coude précédant la cheminée évasée. Outre que ces cloisons, qui ne s'appliquent plus aujourd'hui, prennent infiniment plus de frottement par leur périmètre rectangulaire très développé, il est douteux qu'elles puissent produire une recompression assez complète pour amener l'effet désiré. Nous pensons, au contraire, qu'elles doivent produire l'effet inverse. (Voir le croquis (*fig. 2*) ci-contre extrait de la *Physique industrielle* de M. Ser et réduit à l'échelle de $^1/_2$, page 717.)



Dans le dessin (*fig. 1*) montrant *l'appareil* est figurée, en pointillé, une cheminée évasée à section circulaire, que l'on peut placer à la suite de l'ajutage convergent, si l'on admet, avec M. Guibal et les différents auteurs qui se sont occupés de la ventilation, qu'il y a, par ce moyen, récupération de la force vive et transformation de la vitesse en pression, c'est-à-dire utilisation de la vitesse de sortie (*).

De la construction proprement dite de l'appareil.

Au point de vue de la construction proprement dite, l'appareil présente les particularités suivantes :

Les ailes sont à développante de cercle, leur extrémité extérieure prolongée fait avec la tangente un angle de 44°, de façon que l'appareil puisse, selon qu'on le désire, marcher *par réaction*, c'est-à-dire évacuer l'air en sens inverse de la direction du courant et obtenir tout d'abord une recompression partielle du fluide qui quitte ainsi l'aile avec une vitesse réduite, ou marcher directement dans le sens de l'orifice d'évacuation du fluide. Le moteur est, pour cela, muni d'un appareil de virage qui lui permet de marcher dans un sens ou dans l'autre, selon que les diagrammes indiquent que l'une ou l'autre marche est plus avantageuse.

Ces ailes constituent les entretoises de quatre couronnes attachées aux bras; elles sont en tôle ondulée, comme l'indique le dessin en coupe (*fig. 3*), de façon à former des directrices à la gerbe fluide et à constituer un ensemble de la turbine très léger et en même temps très solide.

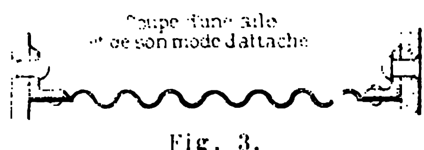


Fig. 3.

(*) M. l'ingénieur Ordinaire de la Colonge, dans une *Étude mathématique sur l'ajutage divergent* (Dalmont et Dunod, Paris, 1862), analyse l'explication des effets de cet ajutage donnée par Bernouilli et conclut non seulement à la non-récupération de la force vive, mais, au contraire, à l'absorption d'une grande quantité de travail dans le débit produit avec l'ajutage évasé ou divergent : l'ajutage convergent, d'après lui, est incomparablement meilleur. Il est d'accord, en cela, avec les divers auteurs qui ont traité des ajutages, et avec les praticiens qui terminent les cheminées de foyer par des ajutages convergents, de même qu'avec ceux qui terminent les tuyères de soufflerie par la forme généralement connue.

Il est aisé, par une expérience pratique très simple, de se convaincre de la *non-transformation de la vitesse* en pression par la cheminée évasée :

Si l'on souffle de l'air dans une pipe à fumer à proximité de la flamme d'une bougie on voit que cette flamme est beaucoup plus attirée vers l'orifice de sortie lorsque l'air sort par le fourneau évasé que lorsqu'il sort par l'ajutage cylindrique. Par la différence de l'effet produit, l'on se fera une idée de la perte de charge énorme due au débit par l'ajutage divergent, telle que la signalent, du reste, les différents auteurs qui ont traité des ajutages.

Le nombre de ces ailes est pair et divisible par 2 en donnant encore un nombre pair, de façon à pouvoir enlever une aile sur deux et ainsi augmenter les passages, *pour le cas où, par suite d'une amélioration du tempérament de la mine*, le ventilateur devrait débiter un plus grand volume: $\frac{Q}{\sqrt{h}}$ serait ainsi mis en harmonie avec $\frac{Q}{\sqrt{h}}$. Cet enlèvement peut se faire en quelques heures par un dérivage sur place, et quelque réduit que soit le nombre des ailes, l'entretoisage resterait suffisant, grâce à l'emboutissage des ailes, ondulées.

Le dispositif permettrait encore d'augmenter le diamètre du ventilateur, en allongeant les ailes par un rivetage sur place, sans rien changer aux maçonneries et aux supports des axes. Il suffirait de réduire un peu le massif M et de surélever la voûte *vvvv*.

Pour le cas où il serait nécessaire, pour une cause quelconque, de refouler l'air atmosphérique dans la mine, il suffirait de faire mouvoir la porte (*p*) jusqu'en (*oo*), d'ouvrir les portes d'arrivée de l'air atmosphérique (*p*) et (*p'''*) et celle de refoulement dans la mine *p'*, tout en fermant, bien entendu, l'ajutage XX.

L'appareil, ainsi constitué, de 3,75 *m* de diamètre, en extrayant 32 m^3 par seconde d'une mine étroite d'un tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h}}$ 1,84 ou d'un orifice équivalent de 0,38 $\frac{Q}{\sqrt{h}}$ ... 0,70 m^2, a donné un rendement dynamique minimum de 80 0/0.

De la constatation du travail utile fourni par les ventilateurs.

Nous avons vu que, pour concevoir rationnellement le ventilateur aspirant des mines, il fallait le considérer, non comme un *raréfacteur d'air* produisant la dépression, comme beaucoup d'auteurs l'ont fait, mais, au contraire, comme un ***propulseur créateur du mouvement*** recomprimant le fluide déprimé par la mine.

Recherche de la loi réglant le débit des ventilateurs.

Si l'on admet, comme nos expériences l'ont démontré (*), que le travail brut T_I indiqué par les diagrammes est constant, lorsque le ventilateur tourne à la même vitesse sur des mines produisant des dépressions différentes, l'on pourra conclure, d'après l'équation :

$$T_I = T_{II} + Qh' + Qh,$$

que $Q(h' + h)$ est une constante, et que si l'on avait affaire à un ventilateur idéal, tel, que la perte de charge h' y fût insignifiante, le produit Qh ou travail utile deviendrait aussi une constante.

Dans ce cas, la courbe des débits d'un ventilateur marchant sur des mines de tempéraments différents serait une hyperbole et pour une mine déprimant l'air de $\frac{h}{2}$ le volume extrait serait de $2Q$. (Voir le croquis ci-contre) (*fig. 4*).

Mais cette loi hyperbolique des débits est modifiée par h' ou Qh', surtout avec les ventilateurs modernes de petites dimensions dans lesquels h', la dépression nuisible, augmentant comme le carré du volume Q, peut par son importance amener une grande diminution de ce dernier.

De ce qui précède, l'on déduira facilement la loi (**) qui règle le débit d'un ventilateur et l'on conclura qu'il est tout à fait indispensable, contrairement à ce qui a été quelquefois pratiqué, de construire le ventilateur pour qu'il fournisse une dépression

(*) Dans six expériences où le même ventilateur tirait sur des guichets différents, nous avons trouvé que les diagrammes relevés sur le cylindre moteur, à l'avant et à l'arrière, se superposaient parfaitement.

La machine était à détente variable par le régulateur, par soupapes à déclenchement rapide et tiroir à grille de décharge. L'alimentation et la pression étant identiques pendant les expériences.

(**) En effet, si dans l'équation fondamentale (1) les termes T_I et T_{II} sont connus et constants pour un même nombre de tours et si, par expérience, l'on a constaté Qh l'on obtiendra la valeur de h' par différence, car :

$$Qh' = T_I - T_{II} - Qh,$$

d'où :

$$h' = \frac{T_I - T_{II} - Qh}{Q}.$$

Il sera donc facile, par une ou plusieurs expériences sur des guichets différents, de connaître dans quel rapport varie $(h + h')$ relativement à Q et, par conséquent, de déterminer *la loi ou courbe* des débits pour un ventilateur de tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h'}}$ connu et invariable, travaillant sur des mines de tempéraments $\frac{Q}{\sqrt{h}}$ différents.

propre h' aussi faible que possible. On conclura aussi que le ventilateur doit être calculé pour le tempérament de la mine, sur

Loi hyperbolique des débits
en supposant la perte de charge (h') dans le ventilateur, négligeable.

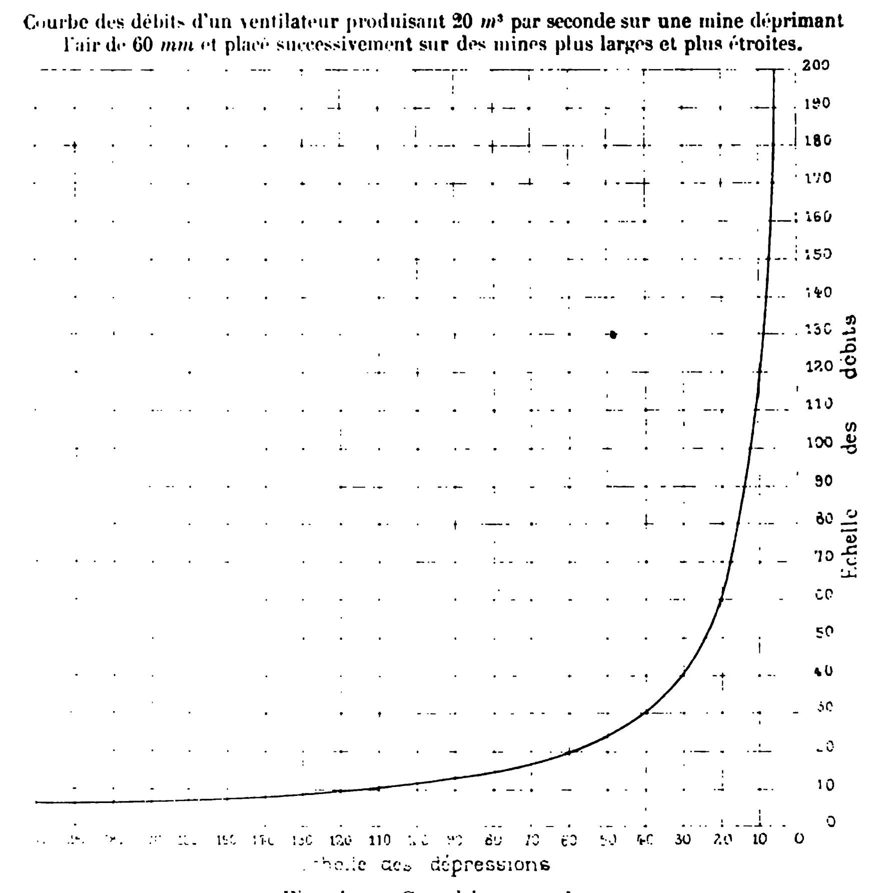


Fig. 4. — Graphique n° 1.

laquelle il doit fonctionner, à moins qu'il soit possible d'en agrandir facilement les passages ou le diamètre, comme nous l'avons prévu dans notre construction.

OU DOIT SE MESURER LA DÉPRESSION (h), FACTEUR DU TRAVAIL UTILE.

On déduira aussi que la dépression h, facteur du travail utile Qh, doit être mesurée assez loin du ventilateur, surtout si celui-ci est de faibles dimensions.

C'est en confondant les domaines de h et de h', c'est-à-dire

en prenant la dépression à l'ouïe de l'appareil, que l'on a souvent attribué à ces petits ventilateurs des rendements $\frac{Qh}{T_1}$ exagérés. L'on mettait à leur actif ce qui eût dû être mis à leur passif: l'erreur était ainsi doublée.

COMMENT DOIT SE MESURER LA DÉPRESSION (h).
FACTEUR DU TRAVAIL UTILE (Qh).

Jusqu'ici, les auteurs s'accordent à dire que la dépression (h) doit être prise avec l'ouverture du tube manométrique faisant *face au courant*. Nos expériences nous ont démontré avec preuves à l'appui, conformément, du reste, aux lois physiques qui régissent la compressibilité de l'air, que, pour avoir une indication exacte, il est indispensable que l'ouverture du tube manométrique soit, au contraire, située dans un plan *parallèle à la direction* du courant.

Cette constatation importante donne la raison de bien des anomalies que l'on a rencontrées dans les expériences de ventilation où jusqu'ici l'on ne tenait guère compte de la compressibilité de l'air dont les manifestations varient comme le carré de la vitesse des courants d'air.

Les développements qui vont suivre expliqueront comment nous avons été amenés à faire ces expériences.

MÉTHODE DE CLASSIFICATION DE LA RÉSISTANCE DES MINES DE M. GUIBAL.

M. Guibal classe les mines d'après leur tempérament θ.

Les tempéraments 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc., sont ceux où 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc., mètres cubes produisent 1 *mm* de dépression. Cette dépression de 1 *mm* croît comme le carré des volumes: pour un volume Q, elle devient (h); l'on peut donc poser :

$$1 : h = \theta^2 : Q^2, \text{ d'où } \theta = \frac{Q}{\sqrt{h}}.$$

Ainsi, si l'on dit : donnez-moi un ventilateur débitant 30 m^3 par seconde, sur une mine ayant un tempérament 4 :

Nous poserons $4 = \frac{30}{\sqrt{h}}$, d'où $h = 56$ *mm* d'eau, et nous saurons que cette mine déprime les 30 m^3 de 56 *mm* d'eau. ***Dans cette méthode, la lecture directe de la dépression au manomètre est indispensable*** pour connaître si le ventilateur qui fait passer un volume de 30 m^3 par seconde mesurés à l'anémomètre satisfait au contrat, c'est-à-

si ces 30 m^3 sont déprimés de 56 *mm* d'eau, de façon à exiger ravail $Qh = 30 \times 56$.

la lecture directe de la dépression stipulée *h* est souvent ;ile, soit que, pour des convenances locales, il y ait un coude que produisant une recompression momentanée du fluide à imité de la chambre d'accès du ventilateur, soit que la mine n tempérament moindre ou plus grand que celui stipulé au rat. Il faut alors avoir recours à une résistance artificielle ;onsiste à faire passer le volume Q attiré de l'atmosphère ex-

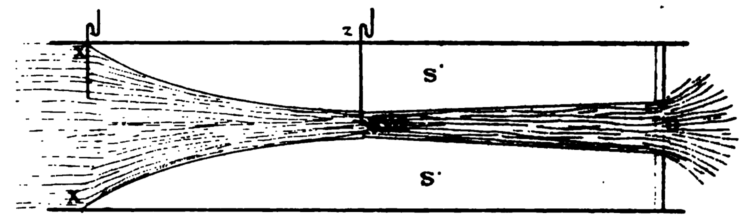


Fig. 5.

ure à travers un orifice O en mince paroi que l'on diminue des feuillets, jusqu'à ce que l'on constate par un manomètre é en z à la section contractée (dont on détermine le point en ;rialisant la veine fluide au moyen d'un corps léger) que l'air léprimé de la quantité convenue.

·, avec les données que l'on avait jusqu'ici sur le mode à em er pour mesurer les dépressions, les résultats obtenus par le omètre z étaient le plus souvent en contradiction avec le ıil dépensé par le ventilateur et l'on n'obtenait des résultats re très peu approximatifs que lorsqu'on pouvait relever la ession en XX en un point de la zone d'épanouissement de la ə.

MÉTHODE DE CLASSIFICATION DE M. MURGUE.

əst pour parer à toutes ces difficultés dans la lecture de la dé- ;ion que M. Murgue imagina son admirable méthode de l'ori- équivalent à la résistance d'une mine donnée qui, basée sur əpression produite par un orifice en mince paroi en raison du ìcient de contraction, connu d'avance, *dispensait de lire direc- ıt la dépression*. M. Murgue posait l'équation fondamentale un volume Q traversant un orifice en mince paroi de sur- O connue et supposant un coefficient fixe de contraction 0,59.

$$K \times O \times \sqrt{2gh} = Q.$$

Il suffit donc, par cette méthode, *de connaître le volume* Q *qui a passé par un orifice* O *de section donnée pour connaître le travail utile* Qh *fourni par le ventilateur.*

On tirait la valeur de O correspondant à une dépression ou perte de charge h de : $O = \frac{Q}{K\sqrt{2gh_1}}$.

Et si $K = 0{,}59$ et $\frac{1}{0{,}59\sqrt{2g}} = 0{,}38$, l'on a la formule abrégée :

$O = \frac{Q}{\sqrt{h}} \cdot 0{,}38$, qui est la formule connue des praticiens.

Un orifice en mince paroi O, de 1 m^2 de surface, traversé par 30 m^3 d'air à la seconde, représente donc une mine faisant subir à l'air une dépression :

$$h = \frac{30^2}{1^2} \times 0{,}38 = 130\ mm,$$

ou ayant un tempérament $\frac{30}{\sqrt{130}} = 2{,}63$.

Cette méthode comparative, si simple, ne peut cependant être rigoureusement exacte que si le coefficient K reste invariable. Or il est certain *que* K *varie* dans de certaines limites, suivant *la grandeur* et *la forme* de l'orifice O (*).

C'est en cherchant à déterminer la valeur de K pour les différents orifices que nous trouvâmes le mode exact de détermination de la dépression.

Un courant intensif de 32,340 m^3 mesurés à la sortie de la cheminée passait par l'orifice O de 1 m^2 de section, avec une vitesse de 32,5 m par seconde.

Le tube indicateur, placé à la section contractée KO, lorsqu'il présentait son ouverture X face au courant (voir *fig. 1* ci-contre), indiquait une recompression complète de l'air, c'est-à-dire une dépression nulle.

Cette constatation indiquait aussi parfaitement que si la mesure

(*) D'après nos expériences, ce coefficient K peut varier de 0,59 à 0,62. Ainsi, pour un orifice de 1 m^2 ayant un périmètre de 1,50 $m \times 0{,}67$, nous avons trouvé, en y faisant passer 32,340 m^3 et ayant mesuré une dépression de 140 mm, un coefficient :

$$K = \frac{32{,}340}{1{,}50 \times 0{,}67 \times \sqrt{2g} \cdot 140} = 0{,}616.$$

Pour ce cas, la formule abrégée de l'orifice O équivalent se trouve être :

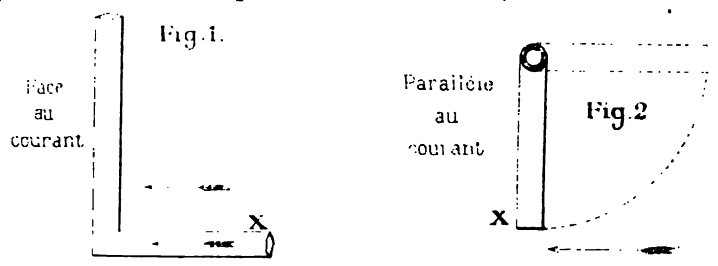
$$O = 0{,}3676 \times \frac{Q}{\sqrt{h}},$$

car

$$\frac{1}{0{,}616 \times \sqrt{2g}} = 0{,}3676.$$

e la dépression d'un courant d'air *se fait à proximité d'un coude rusque*, elle sera erronée, puisqu'à ce coude, exactement comme ela a lieu avec le tube placé face au courant, il y aura recompression plus ou moins complète du fluide.

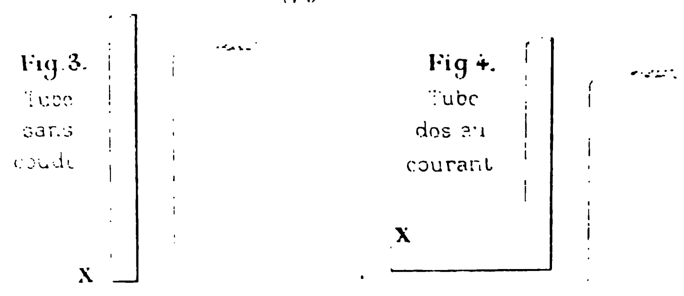
Si l'on faisait tourner le tube de cette position (*fig. 1*) jusqu'à e que l'ouverture fût parallèle au courant (comme il est marqué



a projection horizontale *fig. 2*), l'on voyait la dépression marquer et croître au fur et à mesure que la surface frappée par le ourant était moins normale, et elle fut maxima de 140 *mm*, et *variable*, lorsque l'ouverture X, placée parallèlement à la direcon du courant, recevait de l'air n'ayant été recomprimé par ucun choc.

Dans ces conditions, la dépression accusée était bien la réelle, puisqu'elle correspondait au coefficient de contraction propre au guichet ui fut vérifié par le passage de volumes différents.

Avec un *tube sans coude* (*fig. 3*) et avec un tube coudé dont



ouverture *x* était placée dos au courant (*fig. 4*), il y avait indiation erronée, les dépressions étaient sans signification (de 3 à *mm*) (*).

(*) En effet, supposons, par exemple, que la dépression de 6 *mm* lue sur l'indicateur it exacte, le coefficient de contraction serait :

$$K = \frac{32{,}340}{1{,}50 \times 0{,}67 \times \sqrt{2g \cdot 6\ mm}} = 0{,}94$$

ui est le coefficient relatif aux ajutages coniques, tandis qu'il devrait être celui relatif ax orifices en mince paroi compris entre 0,59 et 0,62.

Ce fait s'explique par la propriété spéciale à *l'air et aux gaz de suivre les surfaces;* l'air recomprimé contre la partie verticale du tube suivait celui-ci dans le plan du mouvement et arrivait produire son impression à l'ouverture X.

La véritable manière de mesurer la dépression même dans les courants intensifs est donc trouvée, surtout grâce à ceux-ci, car dans la veine épanouie où la vitesse dans les mines est rarement supérieure à 3 ou 4 *m* par seconde, elle eût été difficilement constatée.

Elle est d'une exactitude indiscutable puisqu'elle *a été contrôlée par les lois de la contraction* du fluide passant par l'orifice en mince paroi.

La mesure avec les dispositifs 1, 3 et 4 conduisait à des coefficients de contraction tout à fait invraisemblables.

Il est bon d'ajouter encore que la confirmation de l'exactitude de la méthode a été faite par le relevé des dépressions dans *la veine épanouie* en XX où elles ont été trouvées identiques à celles relevées à la zone contractée en K $\times$ O. (Voir croquis, page 113.)

Les mêmes expériences ont démontré que la mesure de la dépression en SS (voir le croquis, page 113) hors du mouvement du fluide n'avait également aucune signification, ce qui s'explique par ce fait que le ventilateur n'agit pas comme raréfacteur, lorsqu'il tire sur l'air en mouvement.

Il résulte donc de ces expériences que, désormais, il sera toujours possible de mesurer exactement le travail fourni utilement par les ventilateurs et, par conséquent, de déterminer, avec certitude, leur rendement mécanique, soit par la méthode de Murgue, puisqu'il sera toujours aisé de connaître le coefficient de contraction d'un orifice de section et de forme données, soit par la méthode de M. Guibal en mesurant chaque fois la dépression.

Ajoutons que si, par des expériences ultérieures, l'aphorisme que nous avons posé de la constance de T_1, en suite de nos propres expériences, se vérifie, dans tous les cas, d'une manière absolue, la loi qui lie les dépressions aux débits pour un ventilateur de tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h'}}$ sera également déterminée; ce qui, croyons-nous, contribuera à apporter plus de clarté dans l'étude et la pratique de la ventilation, comme nous allons le démontrer par quelques applications.

**herche mathématique de la loi qui règle les vo-
mes débités par un même ventilateur, aspirant
r des mines de tempéraments différents ou sur
s orifices en mince paroi de sections diverses,
ırchant à un nombre de tours invariable.**

ıposons-nous, en effet, de rechercher mathématiquement la ıi règle les débits divers d'un même ventilateur de tempé-

nt $\frac{Q}{\sqrt{h'}} = \theta^{v}$ placé successivement sur des mines de tempé-

nt $\frac{Q}{\sqrt{h}} = \theta^{m'}\ \theta^{m''}\ \theta^{m'''}$, etc., etc.

dans l'équation :

$$T_I = T_R + Qh' + Qh \qquad [1]$$

ı T_I et T_R invariables pour le même nombre de tours, l'on dans tous les essais $Q(h + h') =$ constante.

travail effectivement communiqué à l'air étant constant il a de rechercher dans quelles proportions Q, h' et h vont va- 'un par rapport à l'autre si l'on change le tempérament θ^{m} mine sur laquelle le ventilateur est placé.

ıposons qu'après ce changement, Q soit le nouveau volume ì, h''' la perte de charge correspondante de la nouvelle mine et nouvelle perte de charge produite par le ventilateur, l'on 'a poser :

$$Q(h' + h) = Q'(h'' + h'''). \qquad [2]$$

dans cette équation nous remplaçons h'' et h''' par leurs va- tirées des tempéraments respectifs du ventilateur et de la , nous aurons :

A cause du tempérament θ^{v} du ventilateur qui reste constant :

$$\theta^{v} = \frac{Q}{\sqrt{h'}} = \frac{Q'}{\sqrt{h''}} \text{ d'où } h'' = \frac{(Q')^2}{(\theta^{v})^2};$$

A raison du nouveau tempérament de la mine ($\theta^{m'}$),

$$\frac{Q'}{\sqrt{h'''}} = \theta^{m'} \qquad \text{d'où } h''' = \frac{(Q')^2}{(\theta^{m'})^2},$$

et l'équation [2] deviendra :

$$Q(h' + h) = \left(\frac{(Q')^2}{(\theta')^2} + \frac{(Q')^2}{(\theta^{m'})^2}\right) Q'. \qquad [3]$$

Cette équation [3] peut être mise sous la forme :

$$Q(h' + h) = (Q')^3 \left(\frac{1}{(\theta^v)^2} + \frac{1}{(\theta^{m'})^2}\right), \qquad [4]$$

d'où : $$Q' = \sqrt[3]{\frac{Q(h' + h)}{\frac{1}{(\theta^v)^2} + \frac{1}{(\theta^{m'})^2}}} = \sqrt[3]{\frac{Q(h' + h) \times (\theta^v)^2 + (\theta^{m'})^2}{2}}. \qquad [5]$$

Telle est la formule qui permet de faire un projet complet de ventilateur et de tracer *a priori* par le calcul ce qui ne s'obtenait jusqu'ici que de façon très peu précise par les essais.

Elle permet de tracer (Voir le graphique n° 2, planche II, publié plus loin) :

1° La courbe AA des débits Q' d'un ventilateur placé sur les différents tempéraments θ^m ou orifices équivalents O ; ces débits Q' sont en ordonnées aux points d'origine des dépressions h des mines considérées ;

2° La courbe BB des dépressions ou pertes de charge h, h''' subies par le courant d'air dans les mines ayant les tempéraments $\theta^{m'}$ et les débits Q' susdits ;

3° La courbe CC des dépressions ou pertes de charge h', h'' que fait subir au courant d'air le ventilateur placé sur les différentes mines, dépressions qui modifient la courbe idéale hyperbolique des débits dépendant de Qh = constante.

4° La courbe DD de la dépression totale $(h + h')$ qu'a subie l'air en traversant les diverses mines et le ventilateur et qui montre la hauteur de la recompression que celui-ci doit effectuer ;

5° La courbe EE des rendements dynamiques.

Prenons un exemple :

Un ventilateur d'un tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h}} = 10,52 = \theta^v$, débitant un volume $Q = 30\ m^3$ sur une mine d'un tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h}} = \theta^m = 2,6315$ est placé sur une autre mine ayant un tempérament $\theta^{m'} = 6$: quel volume Q' débitera-t-il, et quelles seront les pertes de charge h''' et h'' produites respectivement par la mine et le ventilateur ?

Nous aurons : $\theta^m = \frac{30}{\sqrt{h}} = 2{,}63$, d'où $h = 130\ mm$,

$$\theta^v = \frac{30}{\sqrt{h'}} = 10{,}52, \text{ d'où } h' = 8{,}13\ mm,$$

$$Q' = \sqrt[3]{\frac{30\,(8{,}13 + 130)}{\frac{1}{(10{,}52)^2} + \frac{1}{(6)^2}}} = 48{,}300\ m^3,$$

et $\theta^{m'} = \frac{48{,}3}{\sqrt{h'''}} = 6$, d'où $h''' = 64{,}8\ mm$,

$$\theta^{v} = \frac{48{,}3}{\sqrt{h''}} = 10{,}52, \text{ d'où } h'' = 21{,}6\ mm.$$

Donc le ventilateur qui produisait 30 m^3 par seconde sur une mine d'un tempérament de 2,6315, ou d'un orifice équivalent de 1 m^2, produira 43,300 m^3 sur une mine d'un tempérament égal à 6 ou d'un orifice équivalent de 2,280 m^2. La dépression h de la mine qui était de 130 *mm* descend à 64 *mm* et la dépression h' du ventilateur qui était de 8,13 monte à 21,06 *mm*.

Il est aisé de voir qu'au moyen de ces résultats,. il serait aussi facile de déterminer quel changement s'est opéré dans le rendement dynamique du ventilateur, puisque l'on avait primitivement $\frac{Qh}{T_I}$ et que, sur le nouveau tempérament, l'on a $\frac{Q'h'''}{T_I} = E'$.

Si, ayant déterminé $\frac{Q}{\sqrt{h'}}$ *a priori*, l'on suppose que les résistances ou frottements de la machine exigent un travail T_R, connu, ordinairement égal dans les bonnes machines à 0,15 T_I, l'on aura pour l'équation du travail effectivement transmis à l'air pour la recompression totale et l'expulsion du volume Q :

$$0{,}85\ T_I = Q(h' + h) \text{ et } T_I = \frac{Q(h' + h)}{0{,}85}.$$

Si l'on substitue cette valeur de T_I dans l'expression des rendements dynamiques E et E' afférents à la marche du ventilateur sur les tempéraments de mine θ^m et $\theta^{m'}$, respectifs de 2,63 et de 6, l'on trouve pour :

$$E = \frac{Q \times h}{\frac{Q(h' + h)}{0{,}85}} = \frac{30 \times 130}{\frac{30(8{,}13 + 130)}{0{,}85}} = 0{,}80.$$

et $$E' = \frac{Q' \times h'''}{\frac{Q(h' + h)}{0,85}} = \frac{48,3 \times 64,8}{\frac{30(8,13 + 130)}{0,85}} = 0,64.$$

Donc, sur une mine d'un tempérament 6, plus que double que celui de 2,63, c'est-à-dire offrant pour le passage d'un même volume une résistance plus de cinq fois moins considérable au passage de l'air, le ventilateur a augmenté son débit de 61 0/0 et son rendement dynamique, par suite de l'augmentation de h', a diminué de 20 0/0.

Pour le ventilateur dont il est question ci-dessus (ayant un diamètre de 3,15 *m* et une largeur de 0,67 *m*, marchant à deux cent cinquante tours), d'une construction semblable à celle de l'appareil dont le dessin est annexé à ce mémoire, avec un tempérament θ^r de 10,52, et ayant donné à cette vitesse 30 m^3 par seconde, sur une mine de $\theta^m = 2,53$, nous donnons un tableau relatant les différentes valeurs de Q', de h'', de h''', de E' et de $h''' + h''$, lorsque l'appareil fonctionne sur des tempéraments de mine θ^m de 1 à 20, ou ayant des orifices équivalents de 0,38 m^2 à 7,60 m^2.

Les résultats des calculs consignés dans ce tableau nous ont permis de tracer le graphique ci-contre qui montre avec clarté les phases diverses de la ventilation. (Voir graphique n° 2.) Les débits Q', les E', les $h'' + h'''$ y sont relevés en ordonnées partant des points d'origine des h, h''', etc., des mines.

Cette épure montre à l'évidence dans quelles limites de débit de volumes Q' et de tempéraments de mine θ^m il est convenable d'employer un ventilateur d'un tempérament θ^v déterminé résultant de ses dimensions et de sa construction.

Dans l'épure, θ^r est supposé constant.

L'on voit aisément comment les débits Q' de la courbe AA s'écartent des débits hyperboliques relatifs à $Qh =$ constante, par suite de l'accroissement de la perte de charge h' dans le ventilateur, et comment aussi le rendement dynamique diminue rapidement pour la même cause, lorsque la mine (ou θ^m) devient plus large.

Ici apparaît *la démonstration de l'impossibilité d'extraire de grands volumes, économiquement, avec des ventilateurs de dimensions trop restreintes, contrairement à ce que certains auteurs semblaient faire supposer.*

Notre méthode permettra donc de rechercher avec facilité les dimensions convenables pour que T_R et Qh' aient le minimum

d'influence sur le rendement de l'appareil pour une vei donnée.

Par ce graphique, il sera aisé, du reste, de résoudre les divers problèmes relatifs à la ventilation. Supposons, par exemple, que notre ventilateur, qui débite 30 m^3 par seconde sur une mine de tempérament de 2,63 ou d'orifice équivalent égal à 1 m^2, soit placé sur une mine de tempérament θ^m inconnu (c'est-à-dire de laquelle il serait impossible de mesurer la dépression), sur laquelle il ne débiterait plus que 26,430 m^3, quel serait le moyen de connaître ce tempérament?

Variation des débits Q' et des rendements dynamiques E' sur les divers tempéraments de mine de 1 à 20 d'un ventilateur de 3,15 m de diamètre, de tempérament $\theta^v = 10,52$ supposé constant, produisant, sur une mine de $\theta^m = 2,63$ ou O = 1 m^2, un débit ou volume de 30 m^3 par seconde avec h = 130 mm et E = 0,80, inscrits sur le graphique n° 2.

TEMPÉRAMENT DE LA MINE $\theta^c = \frac{Q}{\sqrt{h''}}$	ORIFICE ÉQUIVALENT $O = \frac{Q}{\sqrt{h'''}} \times 0,38$ en mètres carrés	VOLUMES DÉBITÉS Q' en mètres cubes	DÉPRESSION DE LA MINE h''' en millimètres d'eau	DÉPRESSION dans le VENTILATEUR h'' en millimètres d'eau	DÉPRESSION TOTALE subie par l'air $h'' + h'''$ en millimètres d'eau	RENDEMENT DYNAMIQUE $E' = \frac{Q'h'''}{T_t}$
1	0,38	16,500	272	2,46	274,46	0,845
2	0,76	25,200	158,7	5,74	164,44	0,820
2,63	1,00	30,000	130	8,13	138,13	0,800
3	1,14	32,550	116,6	9,57	126,17	0,776
4	1,52	38,650	92,1	14,13	116,23	0,708
5	1,90	43,800	75,6	16,97	92,57	0,676
6	2,28	48,300	64,8	21,06	85,86	0,643
7	2,66	52,000	54,7	24,40	79,10	0,558
8	3,04	55,150	47,6	27,45	75,05	0,517
9	3,42	57,925	40,9	30,19	71,59	0,472
10	3,80	60,150	36,12	32,60	68,72	0,440
11	4,18	62,150	33,13	34,80	66,11	0,396
12	4,56	63,775	28	36,72	64,72	0,366
13	4,94	65,300	25	38,44	63,44	0,334
14	5,32	66,100	22,18	39,43	61,61	0,293
15	5,70	67,490	19,36	41,08	60,44	0,263
16	6,08	68,450	17,64	42,25	59,89	0,247
17	6,46	69,150	16	43,03	59,03	0,226
18	6,84	69,950	14,4	44,08	58,49	0,206
19	7,22	70,515	13,6	44,39	58,48	0,198
20	7,60	71,500	12,2	46,10	58,30	0,175

Le graphique montrera immédiatement que l'on a affaire à une mine de $0^m = 2{,}36$ ou de $0 = 0{,}8968\ m^2$.

En effet, de la constance du diagramme T_1, l'on déduit la constance de $Q(h + h')$ et l'on pourra poser :

$$30 \times (130\,mm + 8\,mm) = 26{,}430\ m^3 \times (h + h'),$$

d'où :

$$h + h' = 156\,mm.$$

Il suffira donc de mesurer une longueur de 156 *mm* sur une règle, et de faire glisser celle-ci sur la ligne d'origine des dépressions, jusqu'à ce que cette longueur rencontre la ligne des $h + h'$, l'on trouvera à la partie inférieure de cette règle pour h une valeur de 148 *mm* correspondant à un tempérament

$$0^m = \frac{26{,}430\ m^3}{\sqrt{148\ mm}} = 2{,}36,\ \text{ou à } 0 = \frac{26{,}430\ m^3}{\sqrt{148\ mm}} \times 0{,}38 = 0{,}8968\ m^2$$

d'orifice équivalent.

De la recherche du tempérament des ventilateurs.

Nous avons déjà dit que, dans la pratique industrielle, ce que l'on peut constater, du reste, en parcourant les traités spéciaux. lorsque l'on recherche la force motrice nécessaire pour actionner un ventilateur de forge, l'on détermine quelle est la perte de charge h' que, d'après sa construction spéciale, l'appareil fait subir à un volume Q qui le traverse.

Cette détermination doit être faite, *a fortiori*, lorsque l'on étudie un ventilateur de mine dans lequel cette dépression h' a une influence beaucoup plus grande sur le rendement, puisqu'il s'agit d'y faire passer de grands volumes avec une dépression ou perte de charge initiale (h) relativement faible produite par les mines.

Elle pourra se faire *a priori* en étudiant la perte de charge produite par les différentes sections offertes au passage de l'air depuis son entrée dans le ventilateur jusqu'à sa sortie dans l'atmosphère comme aussi la perte de force vive produite par le choc ou la contraction aux changements de direction. Pour le Guibal, par exemple, il faudra tenir compte de l'orifice en mince paroi à contraction partielle constitué par la vanne s'opposant à l'injection ; pour le Copell il faudra aussi constater l'effet d'orifices semblables retardant l'arrivée de l'air dans les ailes du ventilateur;

le trop grand nombre d'ailes peut aussi avoir une influence énorme, ainsi que les cloisons régulatrices de la sortie de l'air du Ser, etc. Enfin, il faudra tenir compte de la perte de charge due à l'ajutage de sortie dans l'atmosphère qui pourra, comme nous l'avons déjà dit être très importante si cet ajutage est divergent.

Mais il sera, comme on l'a vu par l'inspection du graphique résultant de la méthode que nous avons décrite ci-dessus, aisé au moyen d'expériences faites sur différents guichets et de la comparaison des diagrammes, d'établir pratiquement le tempérament $\frac{Q}{\sqrt{h'}}$ des différents types des ventilateurs.

Il faudra pour arriver à des résultats exacts, choisir évidemment pour les essais, des installations dans lesquelles, par une bonne disposition des conduits adducteurs ou galeries d'arrivée, l'air entre dans le ventilateur à gueule bée, c'est-à-dire avec une veine épanouie.

Si, au contraire, la vitesse d'entrée de l'air dans le cône adducteur, pour une cause quelconque : coude brusque, sans sas d'épanouissement, ou zone contractée, est beaucoup plus grande que celle adoptée pour la détermination *a priori* du tempérament du ventilateur, celui-ci accusera aux essais un tempérament beaucoup plus étroit et le volume qu'il débitera sera réduit en conséquence.

Un exemple tiré de la pratique sera très instructif à cet égard ; il fera immédiatement saisir comment un ventilateur très bien calculé, mais placé dans de mauvaises conditions au point de vue de l'arrivée de l'air, peut avoir son tempérament diminué.

Supposons que l'on demande de construire un ventilateur qui, comme dans l'exemple du graphique précédemment donné, puisse fournir, à la vitesse maxima de 250 tours, 30 m^3 par seconde sur une mine déprimant l'air de 130 *mm*, soit de $\theta^m = 2,63$ ou de $\theta = 1\ m^2$. Nous avons vu qu'il suffira pour cela de donner au ventilateur un diamètre de 3,15 *m* et un tempérament $\theta^v = 10,52$.

Donnons, par exemple, au ventilateur un diamètre de 3,75 *m* à l'effet de pouvoir en prévision de l'avenir, obtenir un plus grand volume ou le résultat demandé avec un moins grand nombre de tours, 228 tours, par exemple.

Le tempérament θ^v de l'appareil qui a exactement les dimensions relatées dans le croquis annexé à ce mémoire et qui a servi à faire les expériences dont il sera question ci-après, ressort

approximativement égal à 13,15, c'est-à-dire à 5 fois celui de la mine (*).

Le travail résistant T_R, 1° d'après des diagrammes pris à vide, courroie détachée, sur une machine à détente variable par le régulateur ; 2° d'après l'évaluation due aux dimensions de la turbine : distance d'axe en axe des paliers = 1,80 *m* ; diamètre de l'arbre = 0,24 *m* ; diamètre des coulants des paliers = 0,20 *m* ; longueur de ces coulants = 0,45 *m* ; diamètre de la turbine = 3,75 *m* ; nombre d'ailes = 18 ; largeur = 0,675 ; longueur

(*) Le tempérament du ventilateur de 3,75 *m* de diamètre tel qu'il est figuré sur le dessin, s'établit en effet comme suit :

La galerie adductrice amène l'air (38,550 m^3) à l'entrée du cône adducteur avec une vitesse V = 5,49 *m*, car sa section est de 2,70 *m* × 2,60 *m* = 7,02 m^2.

La perte de charge se calculant par la formule $0{,}0003 \times \frac{LPV^2}{S}$ ou $0{,}0003 \times \frac{4PQ^2}{S^3}$ et les résultats exprimés en mètres d'air, réduits en mètres d'eau par $\frac{1{,}293}{1\,000}$ rapport entre la densité de l'air et celle de l'eau, s'établira comme suit :

1° Perte de charge au cône adducteur de L = 1,30 *m*, P moyen = 7,91 *m*, S section moyenne = 4,8 m^2 et de V = 7,74 *m*.

$$\frac{0{,}0003 \times 1{,}30 \times 7{,}91 \times (7{,}74)^2}{4{,}93} \times \frac{1{,}293}{1\,000} = \ldots \quad 0{,}00004176\ m$$

2° Perte de charge à l'ouïe de L = 0,72 *m*, P = 7,09 *m* et V = 7,74 *m*, sera, par la même formule. . . . . 0,00002436 *m*

3° Perte de charge due au changement de direction à 90° dans le ventilateur $Y = 0{,}984 \frac{(7{,}74\ m)^2}{2g} \times \frac{1{,}293}{1\,000} =$ . . . . 0,00330600 *m*

4° Perte de charge dans les 18 ailes du ventilateur avec P au canal entre 2 ailes = 1,87 S = 0,17 m^2 et L, longueur de l'aile développée = 1 *m*, largeur 0,675 *m*.

$$0{,}0003 = \frac{1\ m \times 387 \times (38{,}550)^2}{(0{,}17)^3} \times \frac{1{,}293}{1\,000} = \ldots \quad 0{,}00326100\ m$$

5° Perte de charge dans les canaux de refoulement ayant S = 3,14 m^2, section moyenne L = 10 *m*, jusqu'à 2,35 *m* de l'orifice de l'ajutage parabolique de sortie, même formule. 0,00097005 *m*

6° Perte de charge au changement de direction à la base de la cheminée à 90°.

$$Y = 0{,}984 \frac{(4)^2}{19.61} \times \frac{1{,}293}{1\,000} = \ldots \quad 0{,}00087000\ m$$

7° Perte de charge à la sortie de l'orifice de l'ajutage parabolique convergent à 13,3 0/0 de la charge génératrice nécessaire à l'écoulement d'air égale à 9 m^3 ou 0,011 m^3 d'eau . . . . 0,00030389 *m*

La perte de charge totale est donc de. . . . . . . 0,00877706 *m*

Soit en chiffres ronds, 8,79 *mm* d'eau, ce qui porte le tempérament du ventilateur à $5'' = \frac{38{,}550}{\sqrt{8{,}79}} = 13{,}15$, c'est-à-dire que 13,15 m^3 par seconde passant dans le ventilateur y subissent l'unité de dépression = 1 *mm*.

= 1 *m* de développement ; poids total de la turbine : a été évalué approximativement à 0,15 T_I.

Dans ces conditions, le ventilateur fournissait, conformément à la formule que nous avons donnée pour la recherche du diamètre sur une mine de $\theta = \frac{Q}{\sqrt{h}} = 2,63$ ou $0 = 1$ *m*², un volume $Q = 38,550$ *m*³.

En effet :

$$3,75 = 60 \frac{\sqrt{\dfrac{Q^2 \dfrac{1}{(2,63)^2} + \dfrac{1}{(13,15)^2}}{0,85}} = 9,8088}{3,14,228 \sqrt{1,293}},$$

d'où :

$$Q = 38,550 \; m^3,$$

l'on a :

$$\theta^m = \frac{38,550}{\sqrt{h}} = 2,63, \quad \text{d'où} \quad h = 212 \; mm,$$

$$\theta^v = \frac{38,550}{\sqrt{h'}} = 13,15, \quad \text{d'où} \quad h' = 8,79 \; mm.$$

L'équation de T_I prévu pourra donc s'écrire :

$$T_I = \frac{38,550 \, (212 + 8,79)}{0,85} = 9\,896 \; kgm = 131,8 \; ch.$$

et

$$E = \frac{38,550 \times 212}{9\,896} = 0,82.$$

Mais le ventilateur, après quelque temps d'usage et avant les expériences dont il va être question, ayant eu ses surfaces frottantes fortement entamées par suite d'une négligence dans la lubrifaction, exigea une augmentation de force motrice portant T_I à 10 725 *kgm* = 143,36 *ch*, c'est-à-dire que le travail T_R, au lieu d'être 0,15 T_I devient 0,21 T_I, ce qui porta le rapport manométrique à 0,79 au lieu de 0,85.

L'on avait donc dans ce cas :

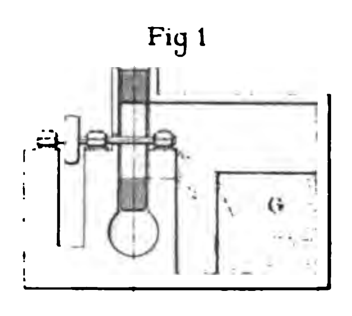
$$T_I = \frac{38,550 \, (212 + 8,79)}{0,79} = 10\,725 \; kgm = 143,36 \; ch,$$

et

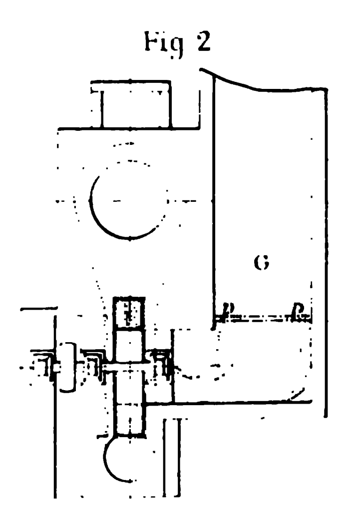
$$E = \frac{38,550 \times 212}{10\,725} = 0,76.$$

Voilà donc quel était le ventilateur qui servit aux quatre expériences typiques dont nous allons donner les résultats.

Avant de faire part des résultats, montrons, tout d'abord, par les croquis ci-contre faits à l'échelle, la construction vicieuse du conduit adducteur que l'exploitant avait, pour sa commodité personnelle, substitué au dispositif marqué en projection horizontale sur le dessin du ventilateur.

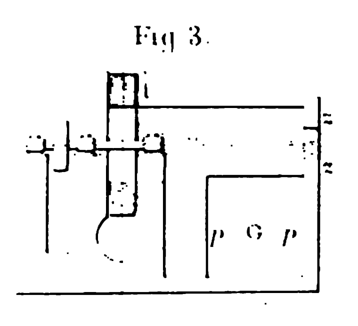


L'air arrivait de la galerie G buter à un coude brusque, marqué en projection horizontale par la figure 2. Ce coude brusque horizontal était suivi d'un coude brusque vertical (*fig. 1*) non raccordé à l'ouïe du ventilateur.



Cette construction avait, d'après ce que nous avons vu au chapitre traitant des tubes manométriques, non seulement pour effet d'empêcher la mesure de la dépression marquée par la mine sur laquelle était placé le ventilateur, mais encore de faire entrer l'air dans celui-ci suivant une zone contractée, c'est-à-dire avec une vitesse relativement grande.

De l'impossibilité dans laquelle on se trouvait de pouvoir se rendre compte du $0^m = \frac{Q}{\sqrt{h}}$ de la mine et, par conséquent, du travail utile $Q \times h$ fourni par le ventilateur, naquit la nécessité du contrôle par l'orifice en mince paroi, la mine étant fermée en *pp*.



Malheureusement, dans ces essais ou contrôle, il fut impossible d'éloigner l'orifice assez loin du ventilateur pour que la veine fluide y pût entrer épanouie; cet orifice, placé en *zz*, à 4,80 *m* du ventilateur, y faisait entrer l'air avec une vitesse énorme suivant une section contractée (*fig. 3*).

Première expérience.

Cette expérience a été faite sur un orifice de 1,50 *m* de largeur sur 0,67 de hauteur = 1 m^2.

Sur cet orifice, qui était celui prévu au contrat, le ventilateur qui devait faire passer 30 m^3 par seconde, mais qui, en réalité, pouvait en faire passer Q = 38,550 m^3 dans des conditions de bon établissement du conduit adducteur, fournit, dans ces conditions exceptionnelles, Q′ = 32,340 m^3 et la dépression enregistrée h''' fut de 140 *mm*.

Le diagramme enregistré montre T_1 à la vitesse de 228 tours égal à 10 725 *kgm*.

D'où :

$$h' = \frac{10\,725 - (10\,725 \times 0,21 + 32,340 \times 140)}{32,340} = 122 \ mm.$$

Le tempérament du ventilateur, qui était primitivement égal à 13, descendit donc, à cause de la vitesse d'entrée dans l'appareil, à :

$$\theta^{V'} = \frac{Q'}{\sqrt{h'}} = \frac{32,340}{\sqrt{122}} = 2,92.$$

Cette vitesse d'entrée dans le ventilateur ou de sortie par le guichet de 1 m^2 était, en effet, de $V = \sqrt{2g \times 140} = 52$ *m* par seconde au lieu de 4,60 *m* qu'elle eût été dans notre galerie adductrice de 2,70 *m* × 2,60 *m* indiquée au plan.

Le coefficient ζ de contraction était donc de 0,616, car :

$$1 m^2 \times \zeta \times 32,340 \times 52 = 32,340 \ m^3,$$

d'où $\zeta = 0,616$ au lieu de 0,59 admis par Murgue.

Le rendement E qui était de 0,76 devint :

$$E' = \frac{32,340 \times 140}{10\,725} = 0,42.$$

Deuxième expérience.

Orifice $0'$ de 0,74 *m* × 0,67 *m* = 0,500 m^2 à 228 tours, constance du diagramme prévue par la théorie et affirmée par cette expérience et par celles qui vont suivre, montrant toujours T_1 = 10 725 *kgm*.

$$Q' = 20{,}292\,m^3, \qquad h = 223\ mm, \qquad \theta^{m'} = \frac{20{,}292}{\sqrt{223}} = 1{,}34,$$

$$h' = \frac{(10725 - (10725 \times 0{,}21) - 20{,}292 \times 223)}{20{,}292} = 194\ mm,$$

d'où :

$$\theta^{V'} = \frac{20{,}292}{\sqrt{194}} = 1{,}45,$$

et $V = 66\ m$ par seconde de vitesse d'entrée dans le ventilateur, le coefficient de contraction reste constant = à 0,616 et E' descend à 0,42.

Troisième expérience.

$$q' = 0{,}52\ m \times 0{,}67\ m = 0{,}350\ m^2,$$

même diagramme à 228 tours, $T_1 = 10725\ kgm$.

$$Q' = 15\ m^3, \qquad h''' = 238\ mm, \qquad \theta^{m'} = 0{,}96,$$

$$h' = 327\ mm, \qquad \theta^{V'} = 0{,}82, \qquad V = 68{,}47\ m. \qquad \text{et } E' = 0{,}33.$$

Quatrième expérience.

Le ventilateur aspirant à la même vitesse de 228 tours, sur la mine de tempérament $\theta^{m'}$ inconnus, dont il est question ci-dessus, débita 26,430 m^3 et le diagramme resta constamment le même que dans les expériences précédentes, c'est-à-dire égal à 10725 *kgm*.

Le produit $Q'(h' + h''')$ est donc égal à celui des trois expériences précédentes, et Q' étant connu égal à 26,430 m^3, le facteur $h' + h'''$ est connu égal à 320 *mm*.

Si l'on exécute le graphique ou l'épure des trois expériences précédentes, donnant les courbes des h''', des h', des $h' - h'''$ et des Q', l'on trouve, en se basant sur la somme des dépressions $h' + h'''$ de cette quatrième expérience, que la mine en question déprime l'air de 172 *mm* = h''', donc que :

$$\theta^{m'} = \frac{20{,}430}{\sqrt{172}} = 2{,}01,$$

correspondant à $q' = 0{,}760\ m^2$, $h' = 148\ mm$, et que :

$$\theta^{V'} = \frac{26{,}430}{\sqrt{148}} = 2{,}156.$$

(Voir le graphique n° 3.)

De l'impossibilité où l'on se trouve, dans ce cas particulier, de mesurer directement la dépression h''' produite par la mine, si l'on s'en tient aux résultats des diverses expériences, l'on doit conclure que le double coude brusque laminant l'air avant son entrée dans l'ouïe sans sas d'épanouissement, force l'air à entrer dans le ventilateur avec une vitesse de 56,46 *m* par seconde, déduite de l'équation :

$$0{,}76\ m^2 \times 0{,}616 \times V = 26{,}430\ m^3, \text{ d'où } V = 56{,}46\ m.$$

Cette vitesse produirait donc dans le ventilateur une dépression h^{v} de 148 *mm* et la mine une dépression h''' de 172 *mm*.

Le tempérament du ventilateur, de 13,15 qu'il était avec l'entrée normale est donc descendu, dans cette hypothèse, à 2,156.

Si l'on n'admettait pas que ce double coude brusque, particulièrement mal conditionné et singulièrement étroit (*) ait une influence aussi néfaste sur le tempérament du ventilateur et si, par une analyse pratique et théorique de la modification de ce tempérament, l'on trouvait que celui-ci, dans ces conditions, ne descendît pas aussi bas, qu'il ne descendît qu'à 7 par exemple, le tempérament θ^{v} deviendrait :

$$\theta^{v} = \frac{26{,}430}{\sqrt{h^{v}}} = 7 \text{ et } h^{v} = 14{,}5\ mm,$$

puisque $h^{v} + h''' = 320$, et l'on aurait $h''' = 305{,}5\ mm$,

La conclusion logique, dans cette hypothèse, serait que notre ventilateur est placé sur une mine beaucoup plus étroite encore que nous ne l'avions supposée, puisqu'elle serait alors d'un tempérament :

$$\theta''' = \frac{26{,}430}{\sqrt{305{,}5}} = 1{,}514,$$

correspondant à un orifice équivalent de :

$$\frac{26{,}430}{\sqrt{305{,}5}} \times 0{,}3676 = 0{,}5564\ m^2.$$

(*) Bien des coudes brusques existent dans les installations des ventilateurs des régions de Mons et du centre belge, mais tous sont établis avec la galerie G débouchant à un niveau de beaucoup inférieur à celui de l'ouïe, de façon à constituer un sas d'épanouissement plus ou moins complet, tandis que dans l'installation dont il est question ici, le sas est nul et l'air débouche à la hauteur du quart de l'ouïe. Les sas des coudes de La Louvière, du Rieu-du-Cœur, d'Hornu et Wasmes que nous avons visités ont, respectivement 135, 95, 225 % de capacité utile, tandis que celui de l'exemple ci-dessus n'a guère que 15 %.

Le rendement mécanique, dans ces conditions, se maintiendrait à :

$$E' = \frac{26.430 \times 305.5}{10725} = 0,75.$$

Nous donnons ci-après un tableau résumant les résultats des quatre expériences qui ont donné naissance au graphique n° 3.

θ^{m} Tempérament de la mine	O Orifice équivalent	θ^{v} Tempérament du ventilateur	Q Volume	h Dépression à la mine	h' Dépression au ventilateur	$h + h'$ Dépression totale	E Rendement	OBSERVATIONS
2,63	m² 1,00	13,15	m³ 38,550	mm 212	mm 8,79	220,79	0,76	Marche avec l'alimentation normale à 28 tours.
$\theta^{m'}$	O'	$\theta^{v'}$	Q'	h'''	h''	$h''' + h''$	E'	A la même vitesse sur les orifices.
2,73	1,00	2,92	32,340	140	122	262	0,42	1re expérience.
1,34	0,50	1,45	20,293	223	194	417	0,42	2e —
0.96	0,35	0.82	15.000	238	327	565	0,33	3e —
2,01	0,76	2.15	26,430	172	148	320	0,42	4e — sur la mine.

La courbe des débits Q' est une hyperbole résultant de l'équivalence des diagrammes relevés dans les quatre expériences et de la confirmation de la loi par le relevé des volumes et des dépressions qui ont toujours montré $Q'(h''' + h'')$ constant = à $Q(h + h')$.

Les volumes Q', les h'', les h''', les E' sont cotés sur des ordonnées partant des origines des dépressions totales ($h''' + h''$).

On peut remarquer sur cette épure que, par suite du voisinage du guichet, le tempérament du ventilateur $\theta^{v} = \frac{Q}{\sqrt{h'}}$ ne reste plus constant et que sa valeur $\theta^{v'} \frac{Q'}{\sqrt{h''}}$ va toujours diminuant au fur et à mesure que l'orifice O diminuant fait entrer l'air avec plus de vitesse dans l'ouïe ; en effet, la courbe des $h'h''$ augmente rapidement, contrairement à ce qui se passe dans le graphique n° 2. La courbe des rendements dynamiques suit, pour la même cause, une marche inverse à celle du graphique-type.

Par la comparaison des graphiques il sera donc aisé, étant connus ar expérience ou par l'étude directe les différents tempéraments les ventilateurs, de se rendre compte des anomalies souvent onstatées dans le rendement des appareils.

On peut déjà voir combien est féconde cette notation du tem-éramenl des ventilateurs, marchant de pair avec la comparaison es diagrammes relevés sur le moteur, que nous avons introduite ans l'étude de la ventilation, puisqu'elle nous a permis de ré-oudre avec facilité un problème relativement difficile, celui de alculer l'effet du laminage de l'air immédiatement avant son ntrée dans le ventilateur.

Le Gerant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

[illegible] 20, PARIS. — 2120-2-97. — (Encre Lorilleux)

Avant de faire part des résultats, montrons, tout d'abord, par les croquis ci-contre faits à l'échelle, la construction vicieuse du conduit adducteur que l'exploitant avait, pour sa commodité personnelle, substitué au dispositif marqué en projection horizontale sur le dessin du ventilateur.

Fig 1

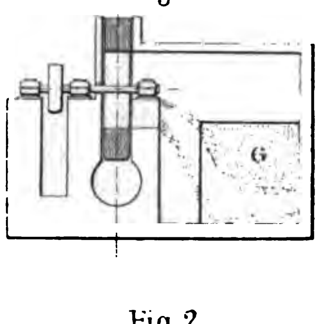


Fig 2

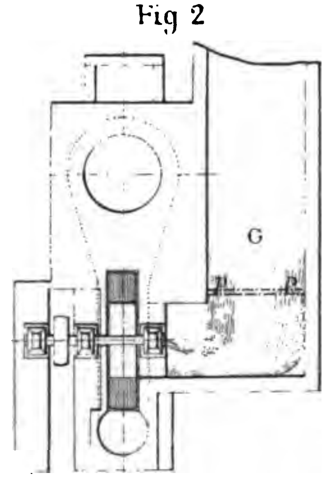
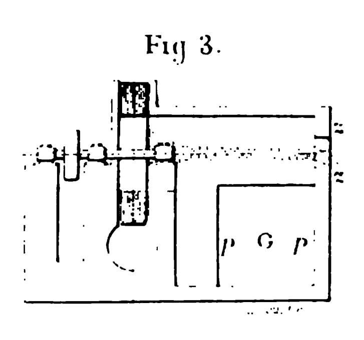


Fig 3.

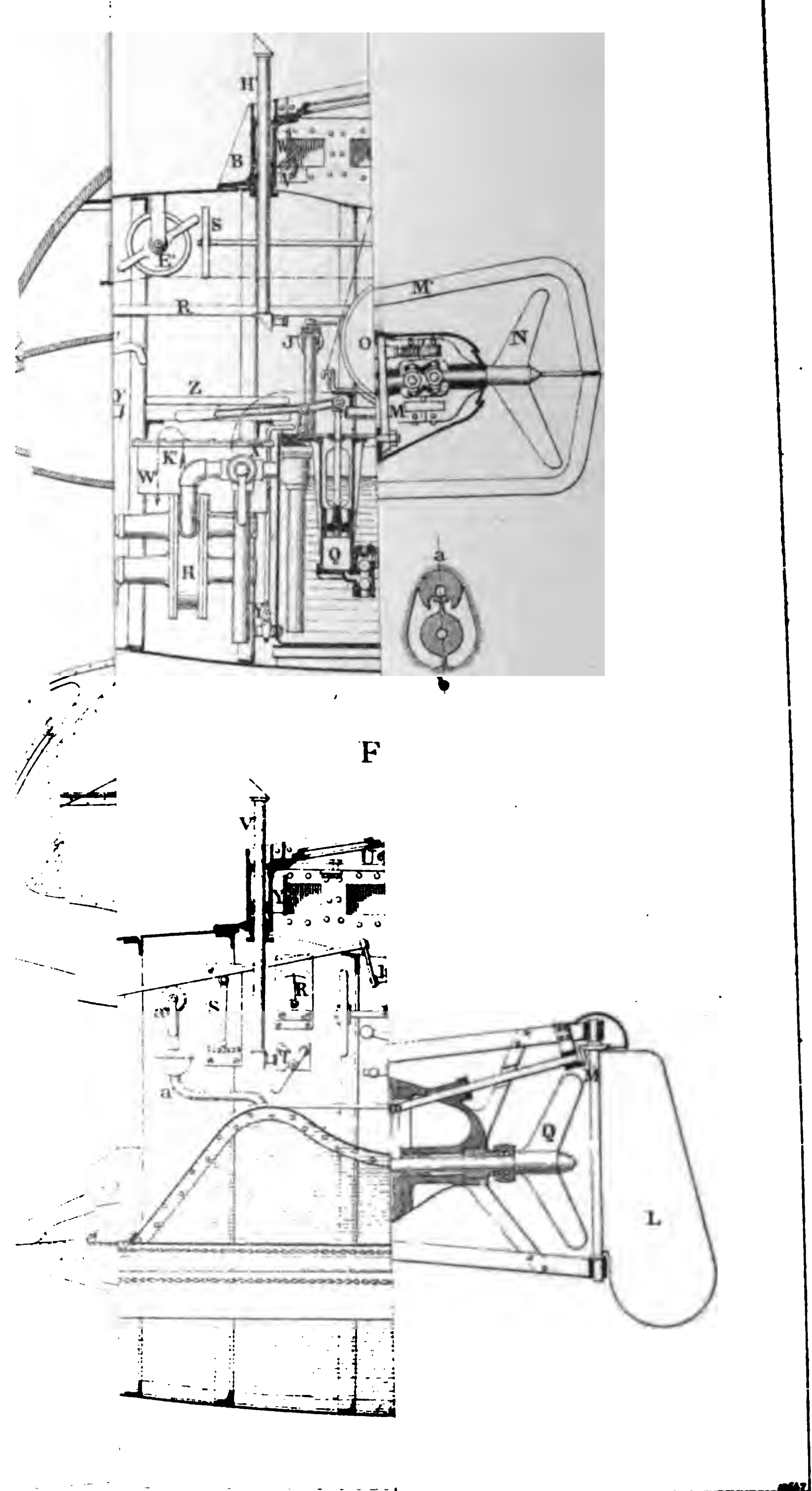


L'air arrivait de la galerie G buter à un coude brusque, marqué en projection horizontale par la figure 2. Ce coude brusque horizontal était suivi d'un coude brusque vertical (*fig. 1*) non raccordé à l'ouïe du ventilateur.

Cette construction avait, d'après ce que nous avons vu au chapitre traitant des tubes manométriques, non seulement pour effet d'empêcher la mesure de la dépression marquée par la mine sur laquelle était placé le ventilateur, mais encore de faire entrer l'air dans celui-ci suivant une zone contractée, c'est-à-dire avec une vitesse relativement grande.

De l'impossibilité dans laquelle on se trouvait de pouvoir se rendre compte du $0^m = \frac{Q}{\sqrt{h}}$ de la mine et, par conséquent, du travail utile $Q \times h$ fourni par le ventilateur, naquit la nécessité du contrôle par l'orifice en mince paroi, la mine étant fermée en *pp*.

Malheureusement, dans ces essais ou contrôle, il fut impossible d'éloigner l'orifice assez loin du ventilateur pour que la veine fluide y pût entrer épanouie; cet orifice, placé en *zz*, à 4,80 *m* du ventilateur, y faisait entrer l'air avec une vitesse énorme suivant une section contractée (*fig. 3*).



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

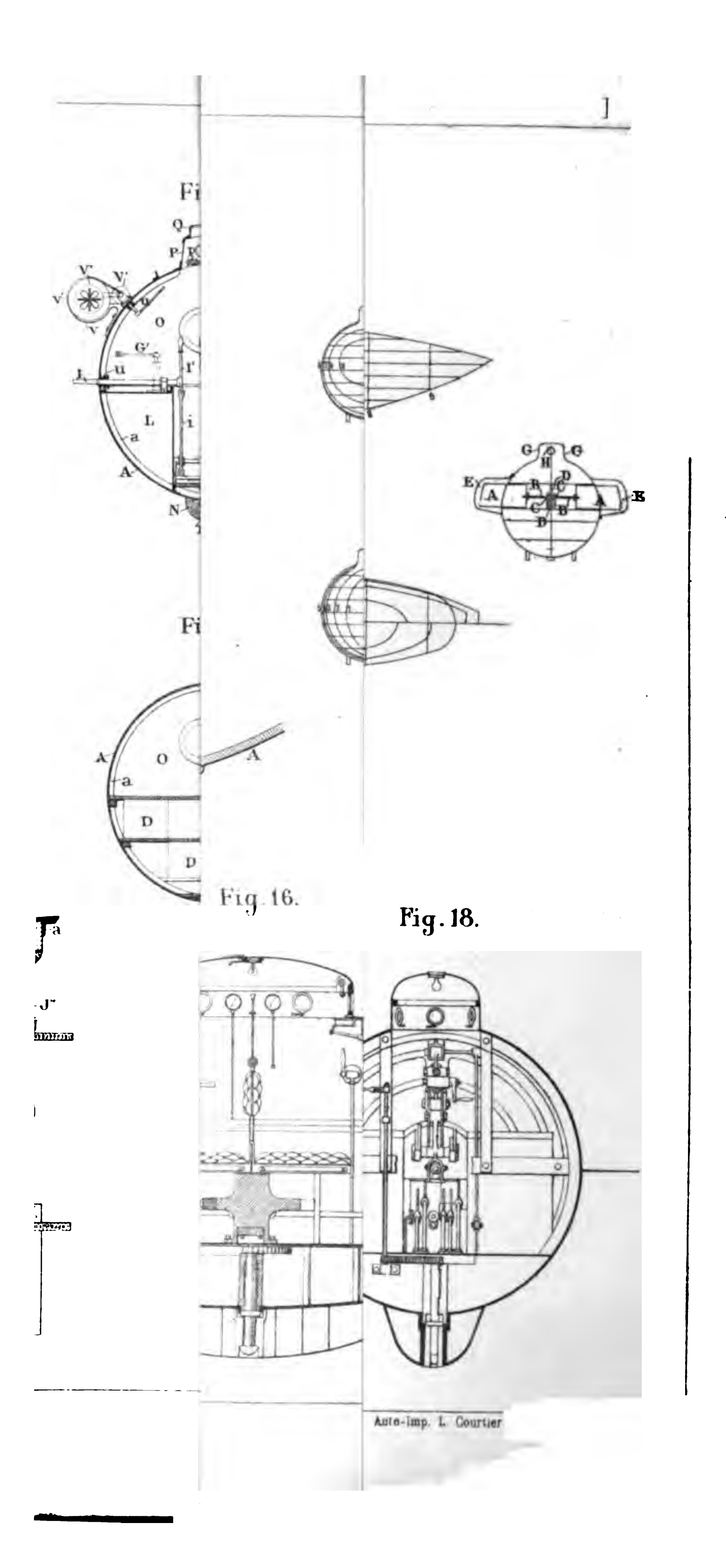


Fig. 16.
Fig. 18.
Auto-Imp. L. Courtier

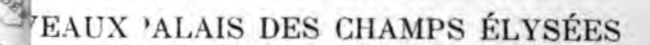


Par la comparaison des graphiques il sera donc aisé, étant connus par expérience ou par l'étude directe les différents tempéraments des ventilateurs, de se rendre compte des anomalies souvent constatées dans le rendement des appareils.

On peut déjà voir combien est féconde cette notation du tempérament des ventilateurs, marchant de pair avec la comparaison des diagrammes relevés sur le moteur, que nous avons introduite dans l'étude de la ventilation, puisqu'elle nous a permis de résoudre avec facilité un problème relativement difficile, celui de calculer l'effet du laminage de l'air immédiatement avant son entrée dans le ventilateur.

Le Gérant, Secrétaire Administratif,
A. de Dax.

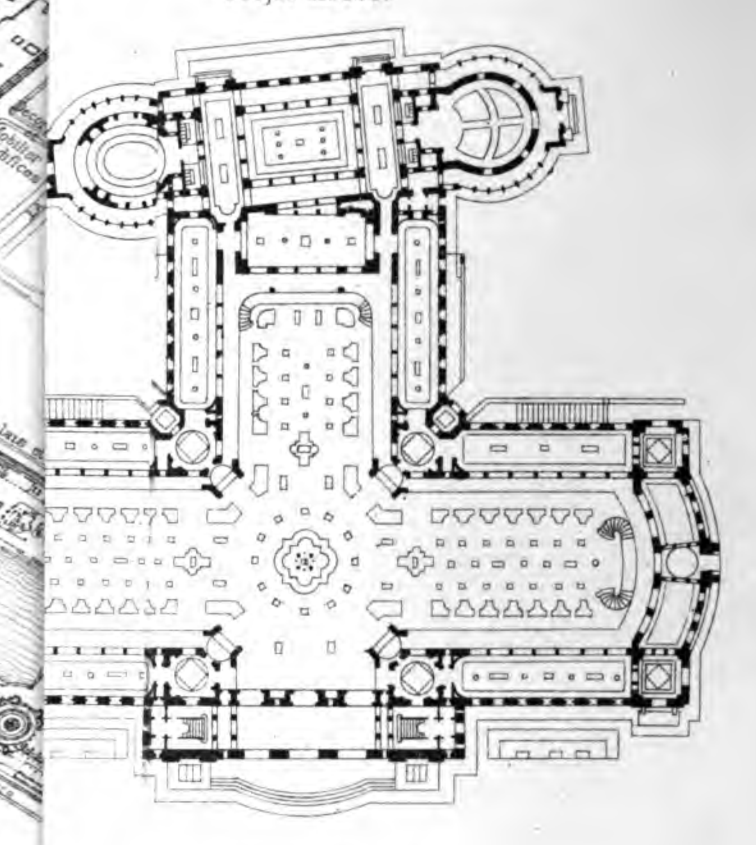
Imprimerie Chaix, rue Bergère, 20, Paris. — 2120-2-97. — (Encre Lorilleux)



[NOU]VEAUX [P]ALAIS DES CHAMPS ÉLYSÉES

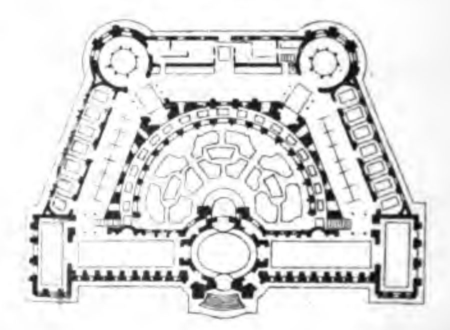
Plan du grand Palais

Projet Louvet



Plan du petit Palais

Projet Girault



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

approximativement égal à 13,15, c'est-à-dire à 5 fois celui de la mine (*).

Le travail résistant T_R, 1° d'après des diagrammes pris à vide, courroie détachée, sur une machine à détente variable par le régulateur ; 2° d'après l'évaluation due aux dimensions de la turbine : distance d'axe en axe des paliers = 1,80 *m* ; diamètre de l'arbre = 0,24 *m* ; diamètre des coulants des paliers = 0,20 *m* ; longueur de ces coulants = 0,45 *m* ; diamètre de la turbine = 3,75 *m* ; nombre d'ailes = 18 ; largeur = 0,675 ; longueur

(*) Le tempérament du ventilateur de 3,75 *m* de diamètre tel qu'il est figuré sur le dessin, s'établit en effet comme suit :

La galerie adductrice amène l'air (38,550 m^3) à l'entrée du cône adducteur avec une vitesse $V = 5{,}49\ m$, car sa section est de $2{,}70\ m \times 2{,}60\ m = 7{,}02\ m^2$.

La perte de charge se calculant par la formule $0{,}0003 \times \frac{LPV^2}{S}$ ou $0{,}0003 \times \frac{4PQ^2}{S^3}$ et les résultats exprimés en mètres d'air, réduits en mètres d'eau par $\frac{1{,}293}{1\,000}$ rapport entre la densité de l'air et celle de l'eau, s'établira comme suit :

1° Perte de charge au cône adducteur de $L = 1{,}30\ m$, P moyen = 7,91 *m*, S section moyenne 4,?8 m^2 et de $V = 7{,}74\ m$.

$$\frac{0{,}0003 \times 1{,}30 \times 7{,}91 \times (7{,}74)^2}{4{,}93} \times \frac{1{,}293}{1\,000} = \ldots \quad 0{,}00004176\ m$$

2° Pêrte de charge à l'ouïe de $L = 0{,}72\ m$, $P = 7{,}09\ m$ et $V = 7{,}74\ m$, sera, par la même formule. . . . . 0,00002436 *m*

3° Perte de charge due au changement de direction à 90° dans le ventilateur $Y = 0{,}984\ \frac{(7{,}74\ m)^2}{2g} \times \frac{1{,}293}{1\,000} = \ldots\ldots\ldots\ldots$ 0,00330600 *m*

4° Perte de charge dans les 18 ailes du ventilateur avec P au canal entre 2 ailes = 1,87 $S = 0{,}17\ m^2$ et L, longueur de l'aile développée = 1 *m*, largeur 0,675 *m*.

$$0{,}0003 = \frac{1\ m \times 387 \times (38{,}550)^2}{(0{,}17)^3} \times \frac{1{,}293}{1\,000} = \ldots \quad 0{,}00326100\ m$$

5° Perte de charge dans les canaux de refoulement ayant $S = 3{,}14\ m^2$, section moyenne $L = 10\ m$, jusqu'à 2,35 *m* de l'orifice de l'ajutage parabolique de sortie, même formule. . . . . 0,00097005 *m*

6° Perte de charge au changement de direction à la base de la cheminée à 90°.

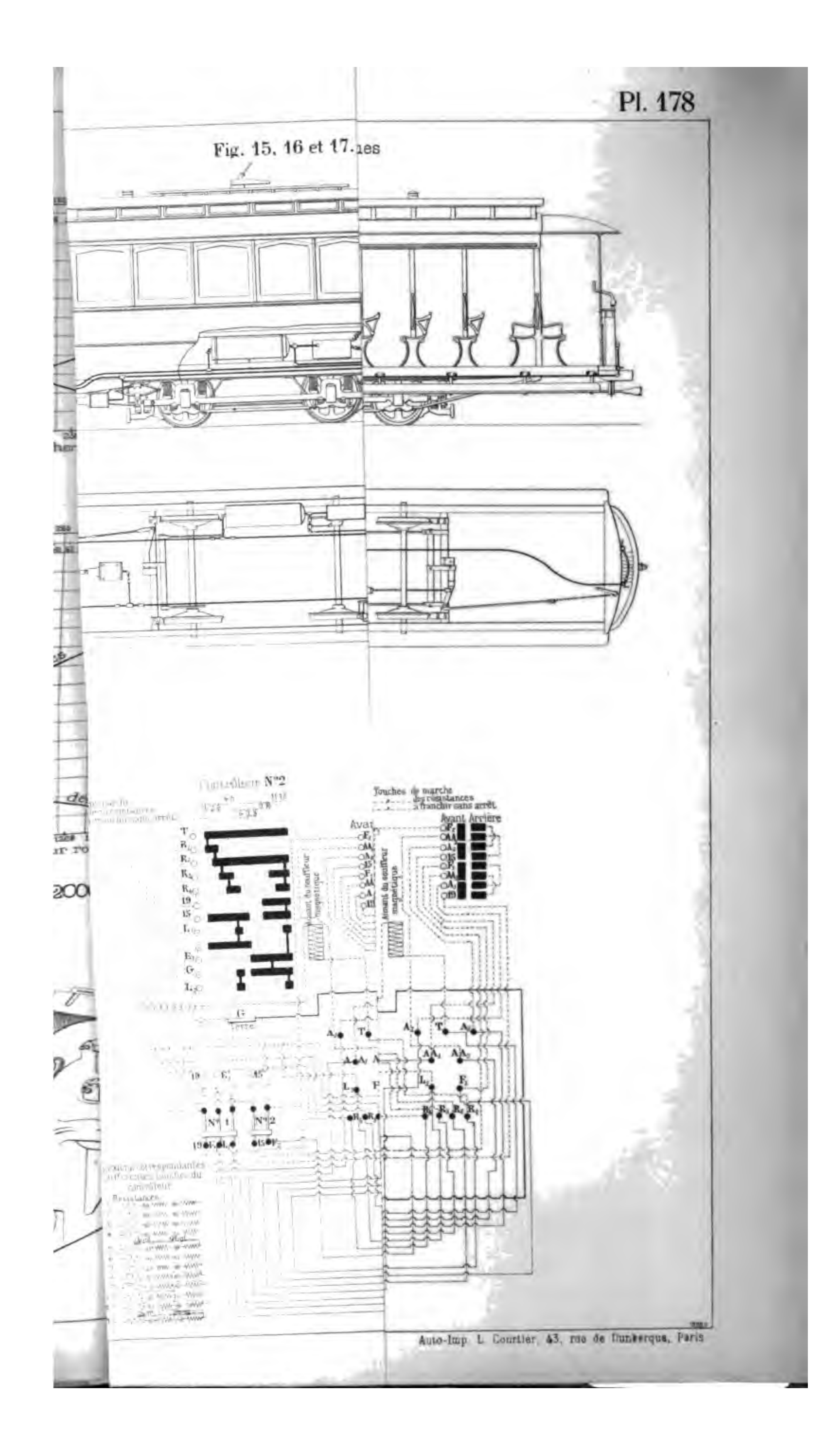
$$Y = 0{,}984\ \frac{(4)^2}{19{,}61} \times \frac{1{,}293}{1\,000} = \ldots\ldots\ldots \quad 0{,}00087000\ m$$

7° Perte de charge à la sortie de l'orifice de l'ajutage parabolique convergent à 13° 3 0/0 de la charge génératrice nécessaire à l'écoulement d'air égale à 9 m^3 ou 0,011 m^3 d'eau . . . . 0,00030389 *m*

La perte de charge totale est donc de. . . . . . . 0,00877706 *m*

Soit en chiffres ronds, 8,79 *mm* d'eau, ce qui porte le tempérament du ventilateur à $6'' = \frac{38{,}550}{\sqrt{8{,}79}} = 13{,}15$, c'est-à-dire que 13,15 m^3 par seconde passant dans le ventilateur y subissent l'unité de dépression = 1 *mm*.

Pl. 178



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

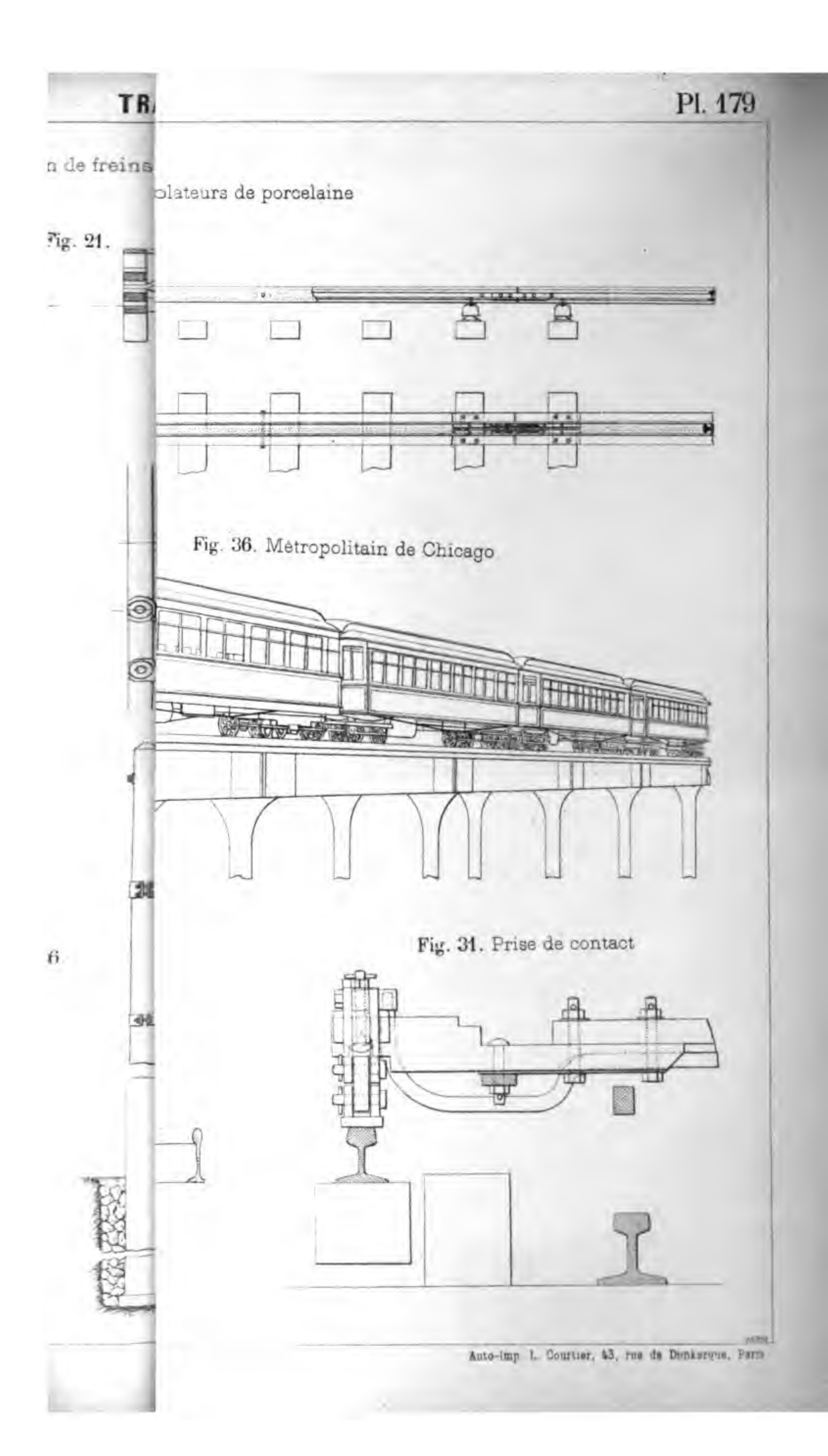


Fig. 36. Métropolitain de Chicago

Fig. 31. Prise de contact

Auto-imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

insufflation d'air

200 kilowats

et Leblanc

Fig. 54.

T

dement d'un transformate

Fig. 51.

1/4 charge

1/2 charge

3/4 charge

25 50 75

Puissance en Kilowats

nt

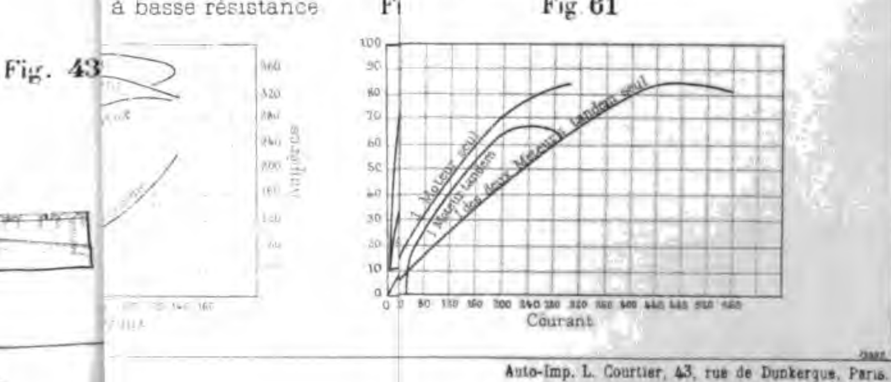
Fig. 58, 59, 60 s triphasés

à basse résistance

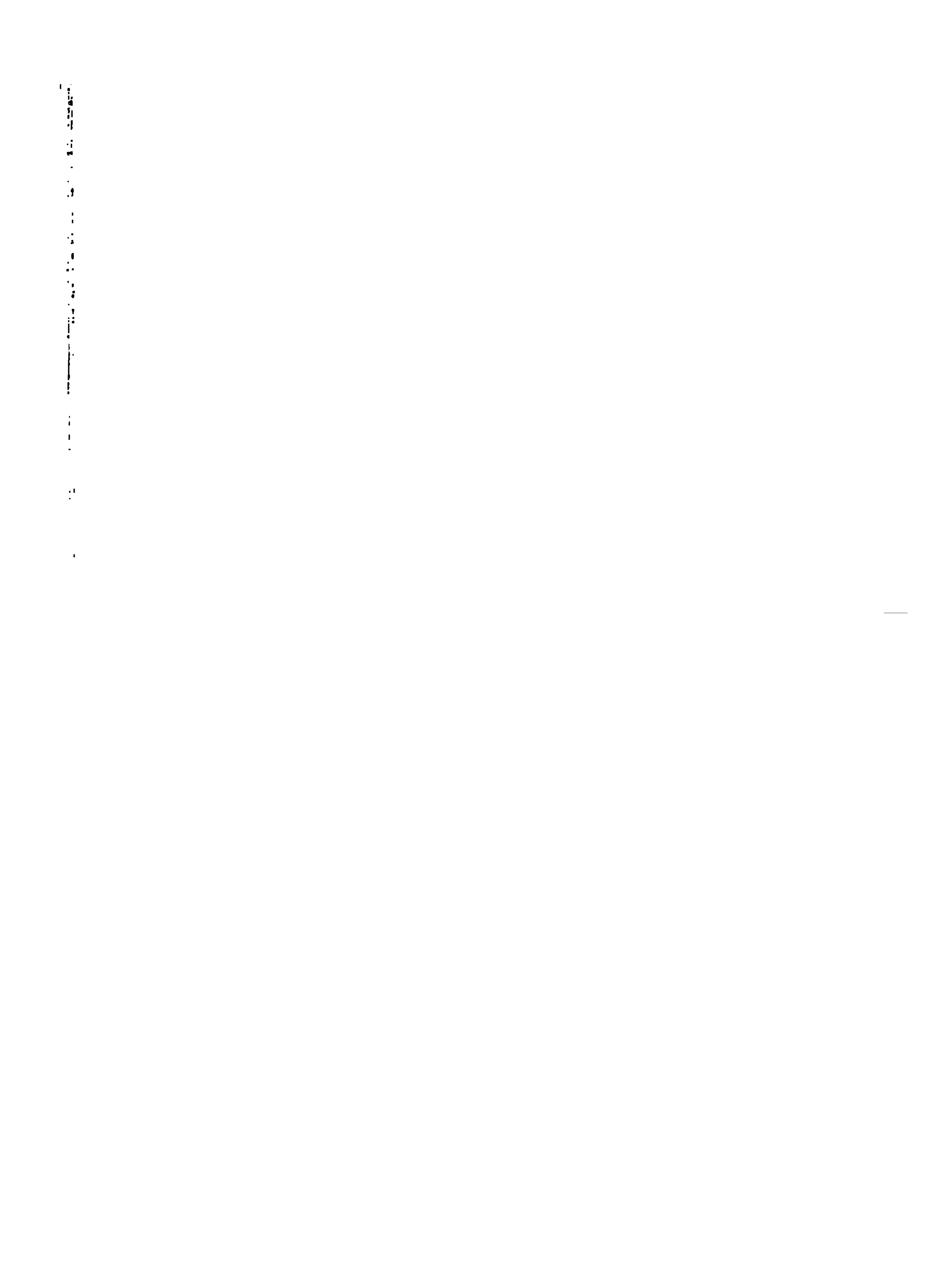
Fi

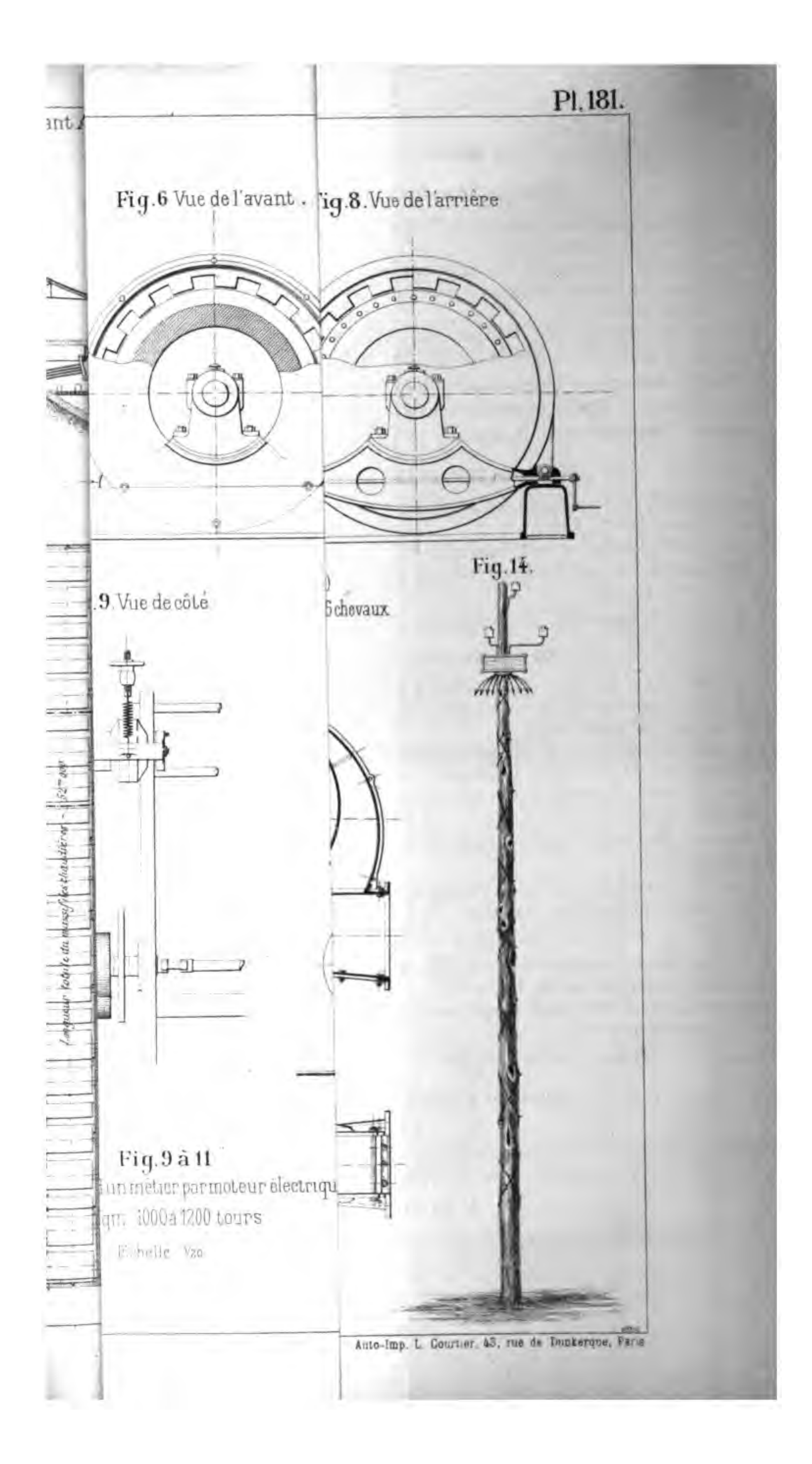
Fig 61

Fig. 43

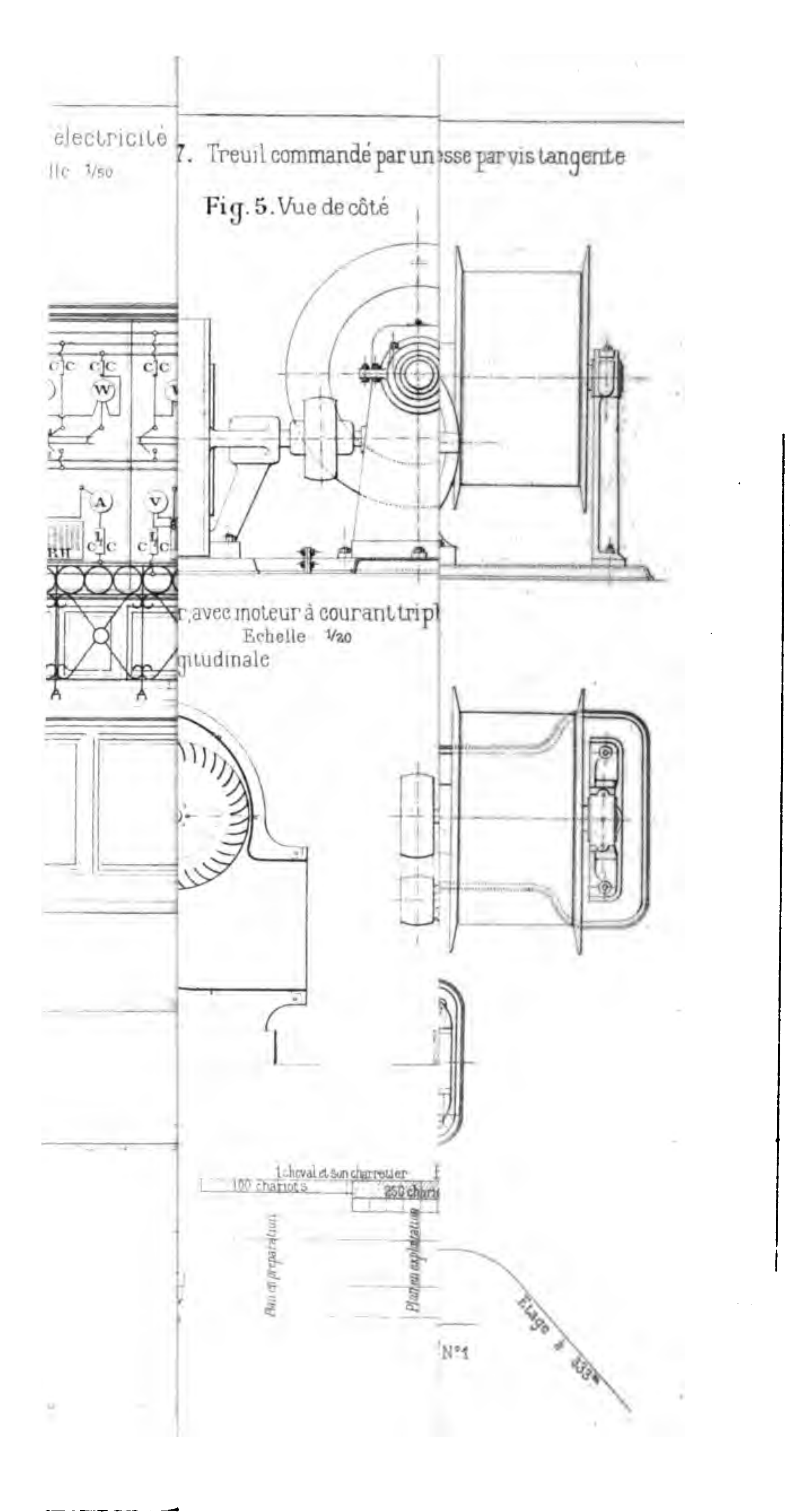


Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

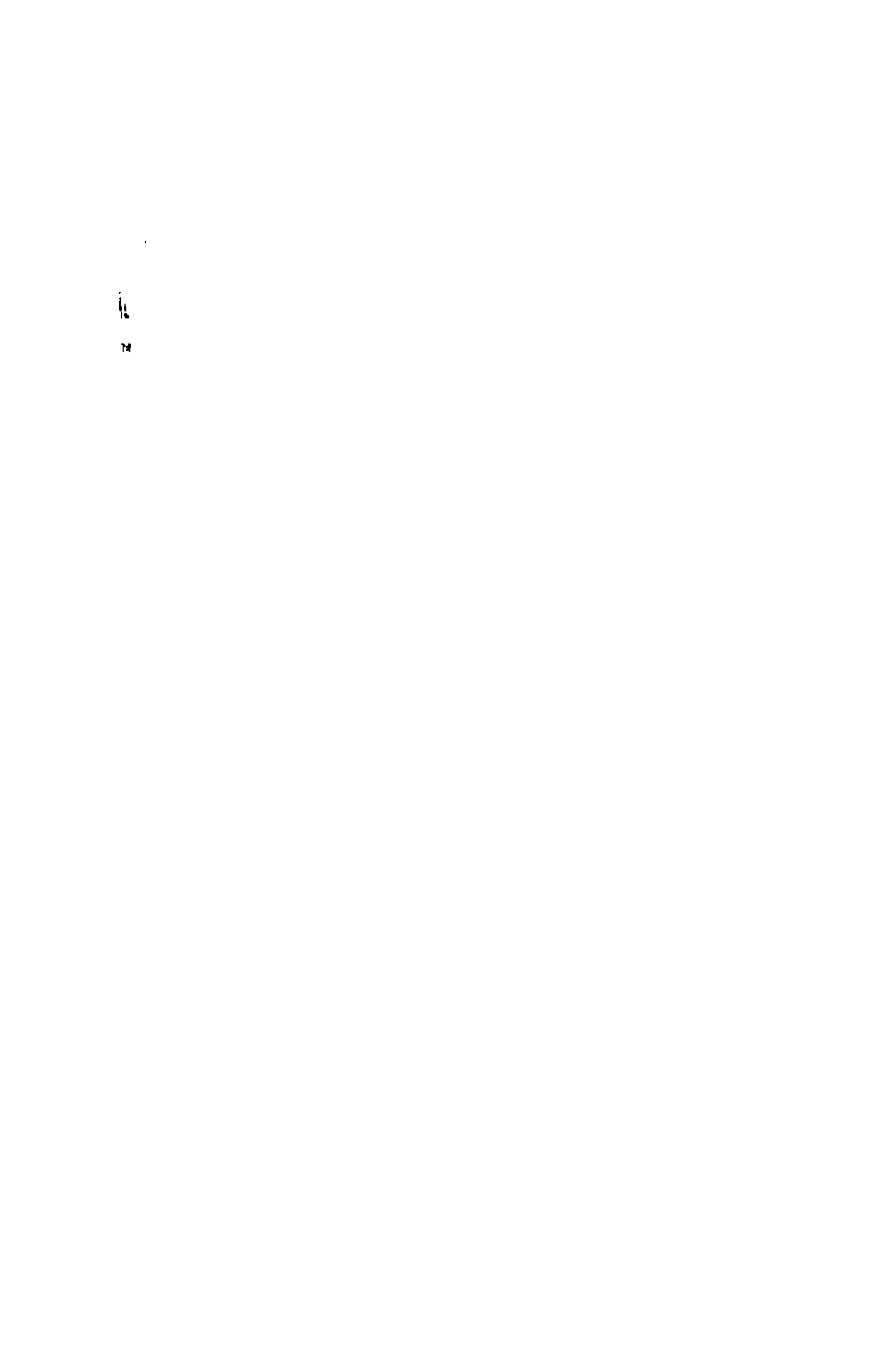




Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris


électricité
lle 1/50
7. Treuil commandé par un sse par vis tangente
Fig. 5. Vue de côté
C C C C C C
W
A
V
r, avec moteur à courant tripl
Echelle 1/20
gitudinale
1 cheval et son charretier
100 chariots
250 chari
Plan en préparation
Plan en exploitation
Etage + 333m
N°1

uto-Imp. L.



PL 183

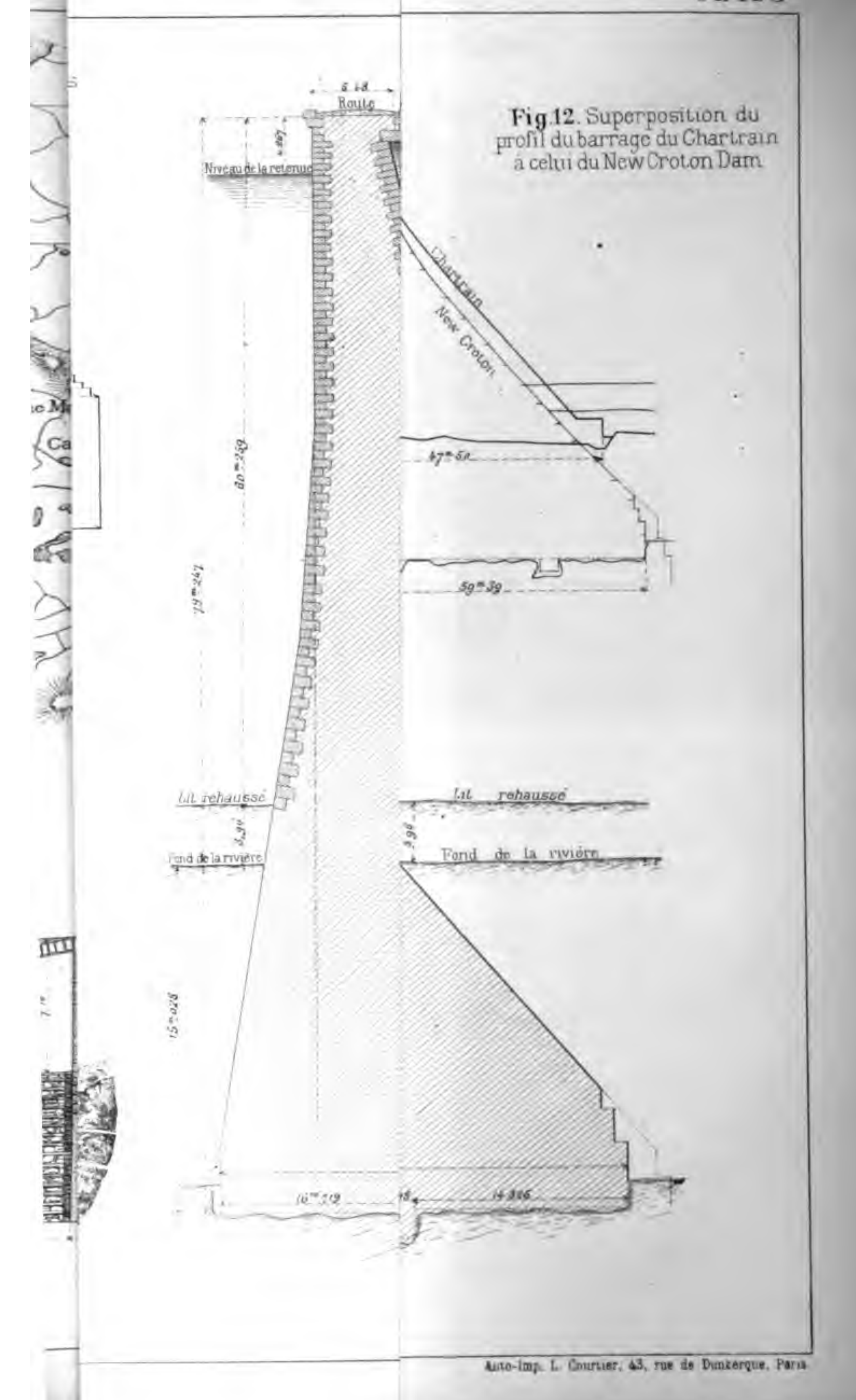


Fig.12. Superposition du profil du barrage du Chartrain à celui du New Croton Dam

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

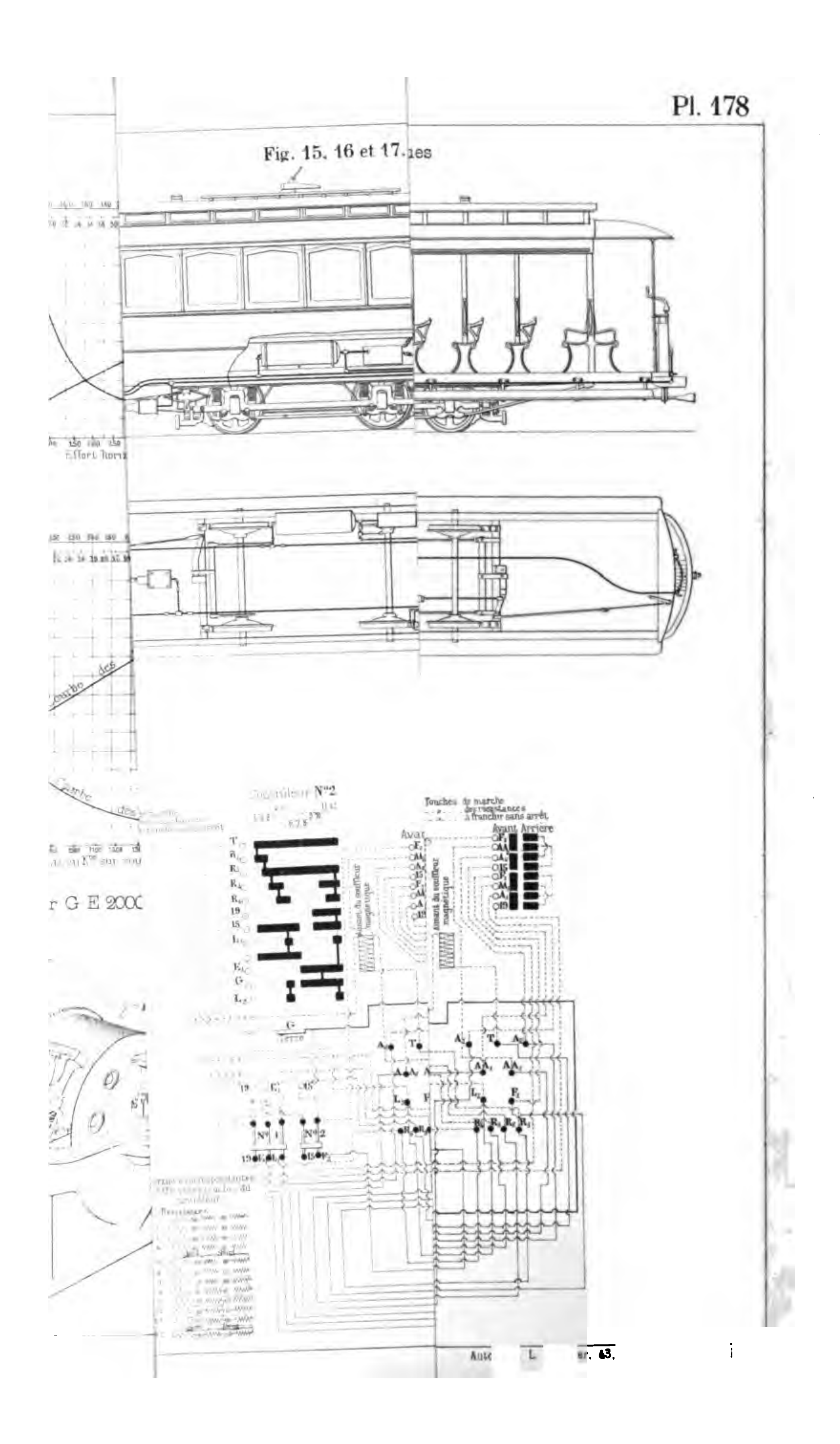

Fig. 15, 16 et 17.
Effort horiz
r G E 2000
Régulateur N°2
Touches de marche
Avant
Arrière
N°1
N°2

Fig. 20

Fig. 20bis

Fig. 21

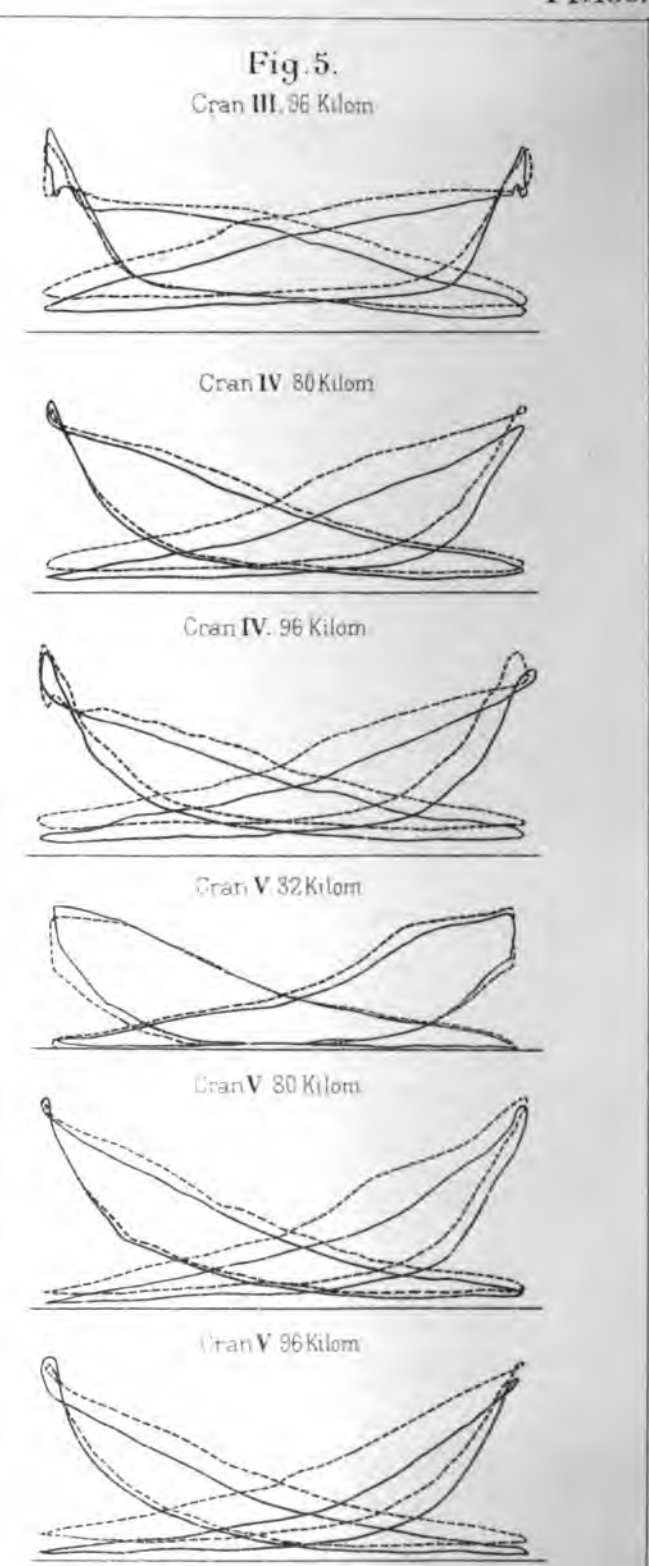
Fig. 23

Fig. 24

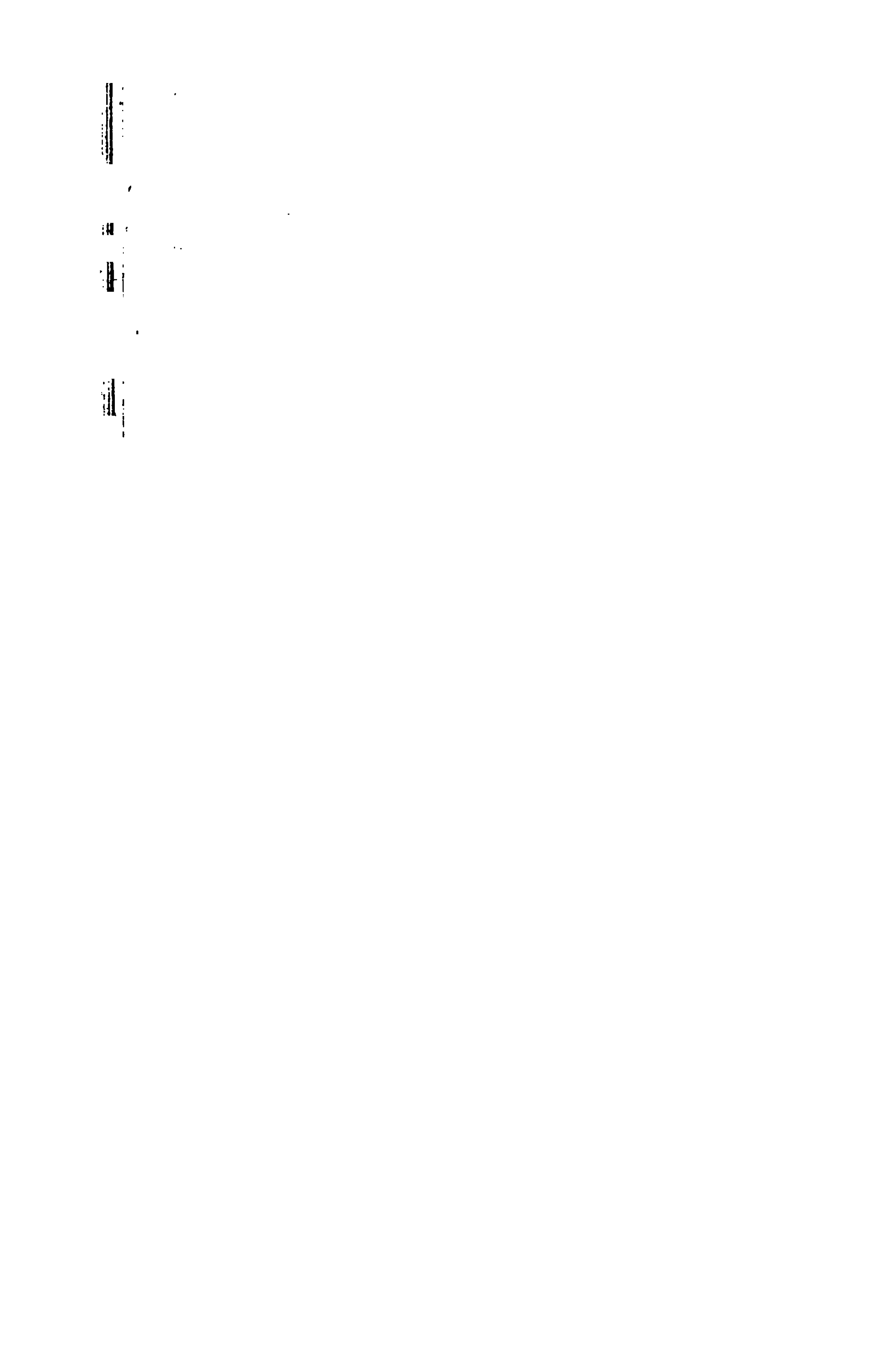
Epurateur

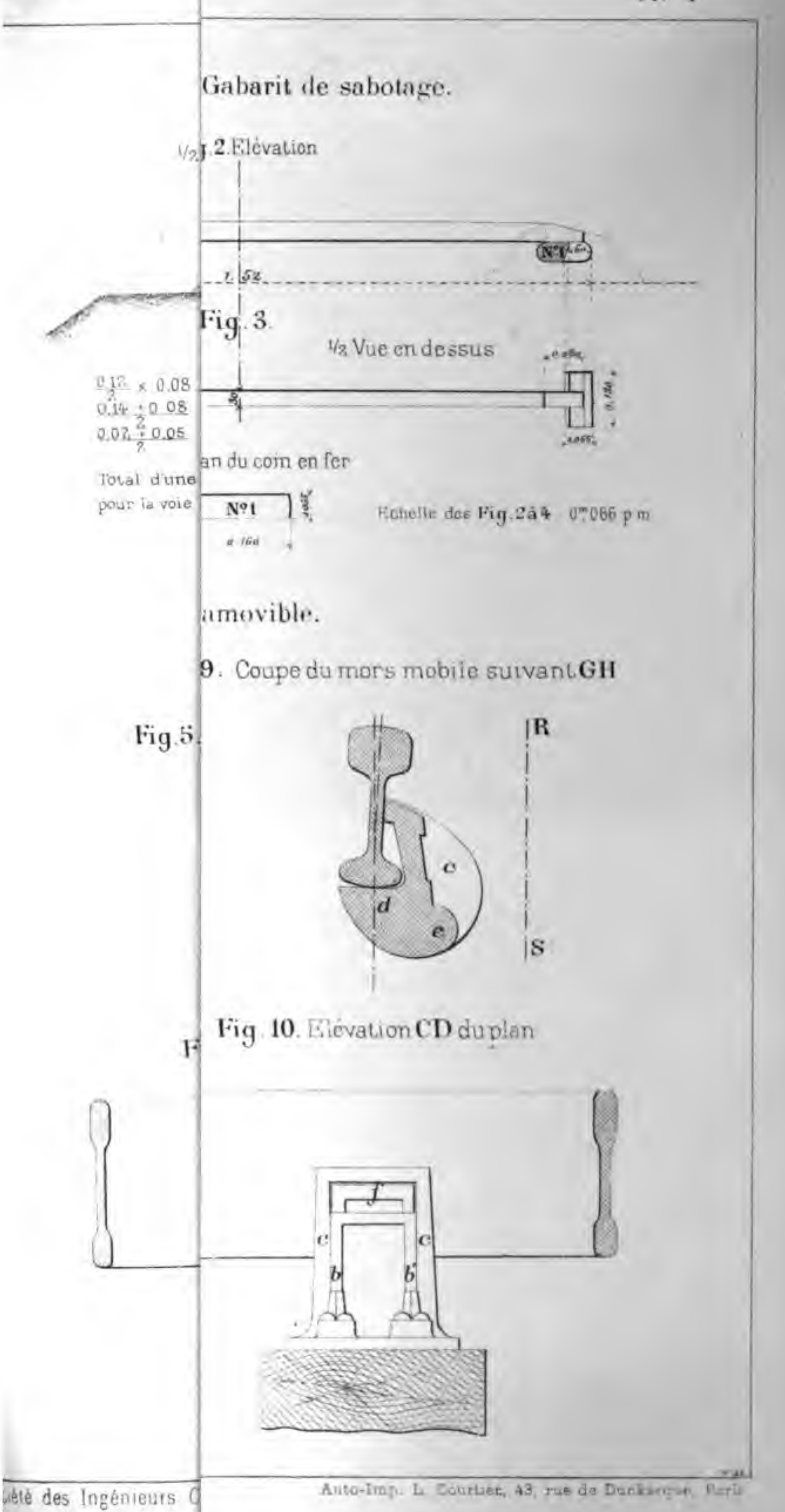
h - Position du gazomètre

Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

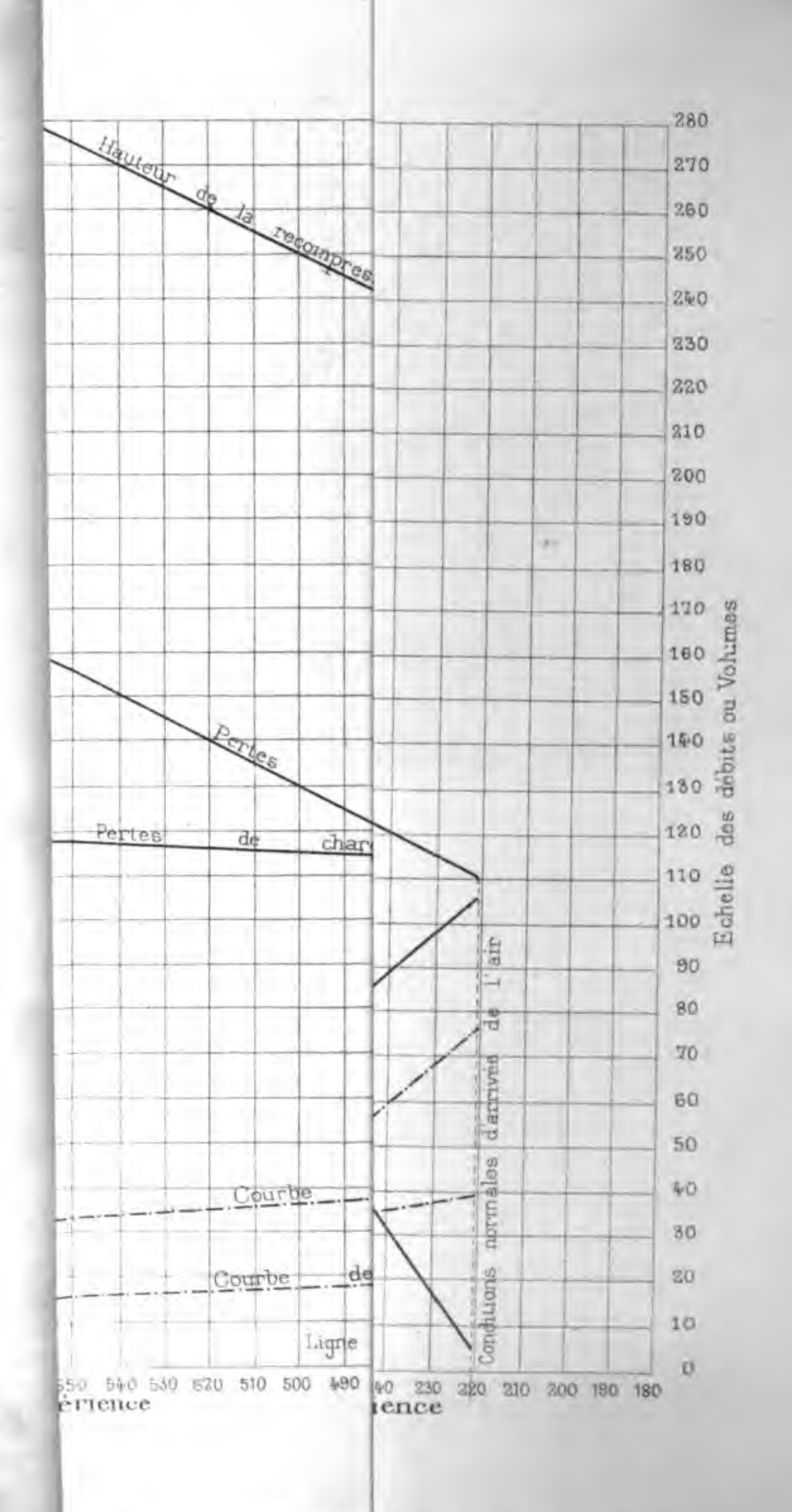


Auto. Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris





Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

